

7
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LA QUIMICA INORGANICA EN EL CUERPO HUMANO

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION MANCOMUNADO

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
PRESENTAN:
AMADOR OSORIO JORGE SANTIAGO
GARCIA GIL JUAN HILARIO



MEXICO, D. F.

1991

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.

INDICE.

Introducción	4
Capítulo I.- Aspectos básicos de bioquímica y biología	5
Capítulo II.- Efectos biológicos de los elementos	23
Capítulo III.- Primera familia	27
Capítulo IV.- Segunda familia	38
Capítulo V.- Tercera familia	48
Capítulo VI.- Cuarta familia	54
Capítulo VII.- Quinta familia	61
Capítulo VIII.- Sexta familia	67
Capítulo IX.- Séptima familia	73
Capítulo X.- Octava familia	81
Capítulo XI.- Novena familia	83
Capítulo XII.- Décima familia	87
Capítulo XIII.- Décimo primera familia	91
Capítulo XIV.- Décimo segunda familia	96
Capítulo XV.- Décimo tercera familia	100
Capítulo XVI.- Décimo cuarta familia	104
Capítulo XVII.- Décimo quinta familia	108
Capítulo XVIII.- Décimo sexta familia	112
Capítulo XIX.- Décimo séptima familia	116
Capítulo XX.- Décimo octava familia	120
Capítulo XXI.- Familias 19 a 32	124
Conclusiones	125
Bibliografía	131
Glosario	137
Apéndice	139

INTRODUCCION.

El conocer de qué está constituido el cuerpo humano ha sido una de las inquietudes fundamentales del hombre.

Existen 92 elementos químicos naturales, de los cuales, solo 30 se han encontrado como esenciales para la vida.

Ha sido motivo de incesante investigación el conocer cómo actúan dichos elementos en los procesos vitales, así como el saber qué cantidad de ellos es necesaria y dónde es posible obtenerlos para evitar que se presente su carencia.

Existen además, otros elementos químicos que se encuentran en los organismos y que afectan sus funciones biológicas según la cantidad presente, pudiendo ser, o no, en beneficio del ser vivo, pero sin ser esenciales.

La mayoría de estos elementos se encuentran en cantidades muy pequeñas; tan solo en el cuerpo humano, cuatro de ellos (oxígeno, carbono, hidrógeno y nitrógeno) contribuyen con el 99.4% del total del peso. El 0.6% restante lo constituyen alrededor de 40 elementos químicos (esenciales y no esenciales) los cuales tienen una acción biológica.

El objetivo de este trabajo es conocer, para todos los elementos, la función y la localización de ciertos elementos en el cuerpo humano, en qué alimentos se encuentran y los efectos que produce su deficiencia.

Una vez conocidos los efectos biológicos de dichos elementos se hará una comparación por familias, con el objeto de establecer similitudes en el comportamiento, de acuerdo a lo que la tabla periódica predice. — Para este fin, los elementos se han agrupado por familias químicas estrictas.

CAPITULO I: ASPECTOS BASICOS DE BIOQUIMICA Y BIOLOGIA.

1.1.- AMINOACIDOS, PEPTIDOS Y PROTEINAS.

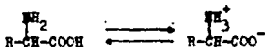
Los seres vivos producen una enorme cantidad de moléculas, de las cuales, la gran mayoría son polímeros constituidos por unidades monoméricas que se denominan bases estructurales.

Los aminoácidos son moléculas que contienen en su estructura a los grupos amino y carboxilo. Son las unidades monoméricas de las proteínas; se conocen en la naturaleza alrededor de 300, pero como bases estructurales solo 20 de ellos aparecen en las proteínas.

Estos 20 aminoácidos están presentes en las proteínas de todos los seres vivos.

Presentan en el mismo átomo de carbono los grupos amino y carboxilo, por lo cual se denominan - aminoácidos, y con excepción de la glicina, todos los substituyentes del carbono son diferentes. Esto confiere actividad óptica a los -aminoácidos; y por presentar configuraciones absolutas del L-gliceraldehído, químicamente son L- -aminoácidos.

Debido a la presencia de los grupos $-COO^-$ y $-NH_3^+$ en la molécula, - los aminoácidos tienen un cierto grado de disociación en medio acuoso y su fuerza ácida está en relación con sus constantes de disociación:



El grado de disociación depende del pH del medio. El pH en el cual un aminoácido no tiene carga neta y no se desplace en un campo eléctrico, se denomina pH isoelectrico y es específico para cada uno de los aminoácidos. Esta propiedad es útil para efectuar la separación de aminoácidos en una proteína y su identificación.

Los 20 aminoácidos que constituyen a las proteínas se clasifican según la naturaleza de los grupos -R substituyentes del carbono:

- Aminoácidos con cadenas laterales alifáticas:

Glicina,
Alanina,
Valina,
Isoleucina.

- Aminoácidos con cadenas laterales que contienen grupos hidroxilo:

Serina,
Treonina.

- Aminoácidos que contienen átomos de azufre en cadenas laterales:

Cisteína,
Metionina.

- Aminoácidos que contienen grupos ácidos o amidas en sus cadenas laterales:

Acido aspártico,
Aspargina,
Acido glutámico,
Glutamina.

- Aminoácidos con cadena lateral que contienen grupos básicos:

Arginina,
Lisina,
Histidina.

- Aminoácidos que contienen grupos aromáticos:

Fenilalanina,
Tirosina,
Triptofano.

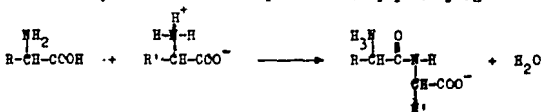
- Iminoácidos:

Prolina.

Debido a los grupos polares presentes en los aminoácidos, éstos son solubles en disolventes polares como agua y etanol, e insolubles en disolventes no polares como éter y cloroformo. Así mismo, debido a la presen-

cia de estas fuerzas iónicas, sus puntos de fusión son relativamente elevados, arriba de los 200° C.

Las propiedades químicas de los aminoácidos son aquellas que se puedan esperar de los grupos amino y carboxilo, tales como la acilación del enlace peptídico. En esta reacción, se elimina una molécula de agua al reaccionar entre sí dos aminoácidos, se forma un enlace peptídico entre las dos moléculas y se obtienen como productos un péptido y agua:



Un péptido consiste en dos o más residuos de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Según sea el número de las unidades de aminoácidos por molécula, será un dipéptido, tripéptido o polipéptido.

Convencionalmente se consideran péptidos aquellas moléculas con un peso molecular de hasta 10,000; arriba de este valor se consideran proteínas. Todas las proteínas son polipéptidos de peso molecular elevado.

Las moléculas de proteínas son grandes y según su forma, serán sus propiedades y su función en los organismos.

Las proteínas se clasifican en proteínas fibrosas y proteínas globulares.

Las proteínas fibrosas son moléculas largas, en forma de hilo y como su nombre lo indica, se agrupan formando fibras. Su papel en los seres vivos es estructural, ya que presentan una baja solubilidad y su tendencia es a formar fibras. Ejemplos de proteínas fibrosas son la queratina, que se encuentra en el pelo y las uñas; y el colágeno, que se encuentra en los tendones.

Las proteínas globulares tienen la propiedad de que en medio acuoso forman soluciones coloidales, debido a que sus moléculas están dobladas de tal forma, que sus partes hidrófobas quedan en el interior y las hidró-

filas en el exterior. Su función en los organismos está en relación con la manutención y regulación del proceso de la vida, lo cual requiere de solubilidad. Dentro de este grupo de proteínas se encuentran las enzimas y numerosas hormonas.

Debido a su complejidad estructural, las proteínas van a presentar el fenómeno de la desnaturalización, que consiste en la alteración de la estructura original de la proteína. Este fenómeno ocurre cuando se expone la proteína a condiciones de temperatura o pH extremos, o se expone a cargas eléctricas o a ciertos metales. Al ocurrir la desnaturalización, frecuentemente cesa toda actividad biológica. Este fenómeno es exclusivo de las proteínas y de los ácidos nucleicos y no ocurre en los péptidos.

Las propiedades físicas y químicas de los polipéptidos y proteínas están en relación con los aminoácidos que los conforman. Su función en los seres vivos es estructural y metabólica, y se interrumpe al ocurrir en las proteínas la desnaturalización.

1.2.- AZUCARES Y CARBOHIDRATOS.

Los azúcares y carbohidratos son producidos por las plantas durante la fotosíntesis. Son asimilados por los animales al ingerir sus alimentos, y su principal función es la de proporcionar energía a las células. Tienen además, una función estructural.

Los carbohidratos son polihidroxialdehídos, polihidroxicetonas o compuestos que por hidrólisis se convierten en éstos. Un carbohidrato que no es hidrolizable a compuestos más simples se denomina monosacárido. Si se hidroliza a dos, tres o más moléculas de monosacárido se denominan di, tri y polisacárido respectivamente.

Los monosacáridos se clasifican, por una parte, según el grupo aldehído o cetona que contenga, siendo aldosas los monosacáridos que presentan un grupo aldehído y cetonas si presentan el grupo cetona. Por otro lado, según el número de carbonos que contenga, el monosacárido será triosa, tetrosa, pentosa, hexosa y así sucesivamente. La mayoría de los monosacáridos naturales son hexosas o pentosas.

Debido a la presencia de centros quirales en las moléculas de monosacáridos, éstos presentan isomería y actividad óptica.

Las propiedades químicas y físicas están relacionadas con la presencia del grupo aldehído y cetona en la molécula, con el peso molecular del carbohidrato y con su estructura.

Los carbohidratos de bajo peso molecular son generalmente solubles en agua, de sabor dulce e incoloros, llamados comúnmente azúcares.

1.3.- LÍPIDOS.

Los lípidos son comúnmente definidos como sustancias insolubles en agua, los cuales pueden ser extraídos de las células mediante disolventes orgánicos de baja polaridad.

Son una clase bastante heterogénea de compuestos, clasificados tradicionalmente en:

- a) acilgliceroles,
- b) fosfolípidos,
- c) esfingolípidos y
- d) glucolípidos.

Los acilgliceroles, químicamente son los ésteres de ácidos grasos del glicerol y son llamados también grasas neutras o glicéridos.

Según el número de grupos hidroxilo esterificados pueden ser mono, di o triacilgliceroles. Su punto de fusión está determinado por sus ácidos grasos componentes y por el número y la longitud de éstos. Todos son relativamente insolubles en agua, formando los mono y diacilgliceroles soluciones coloidales, debido a la polaridad de sus grupos hidroxilo libres. Son solubles en éter, cloroformo, benceno y en etanol caliente; su gravedad específica es menor que la del agua.

Presentan hidrólisis al hervirse con soluciones ácidas o alcalinas o por acción de enzimas (lipasas). La hidrólisis ácida es reversible, en tanto que la alcalina es irreversible y se conoce como saponificación.

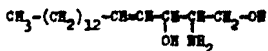
Los fosfolípidos se encuentran en las membranas de todas las células y son elementos estructurales básicos de todos los organismos. Se conocen también como fosfoglicéridos o glicerilfosfátidos. Son sólidos blancos de consistencia ceras. Químicamente son ésteres fosfóricos de la glicerina; uno de los grupos hidroxilo primarios se halla esterificado por el ácido ortofosfórico, en tanto que los demás grupos son esterificados por ácidos grasos, comúnmente uno de ellos saturado y otro insaturado, el cual se oxida con facilidad al exponerse al oxígeno atmosférico. Los fosfoglicéridos son solubles en disolventes no polares que contengan cierta cantidad de agua. En el agua se disuelven ligeramente, formando la mayor parte una

solución coloidal. Al igual que los acilglicéridos, se hidrolizan en soluciones alcalinas o ácidas y también por medio de enzimas. La hidrólisis alcalina, en este caso, es reversible.

Las moléculas de fosfolípidos son anfipáticas, siendo la parte lipofílica la cadena del ácido graso y la hidrofílica el grupo fosfato - sustituido con sus cargas (+) y (-).

En las células, los fosfolípidos forman bicapas, en las cuales, la porción hidrofílica se encuentra afuera y la lipofílica en el interior, unidas por fuerzas covalentes. Debido a esto, las membranas son altamente selectivas en los materiales que entran o salen de la célula.

Los esfingolípidos contienen tres grupos básicos característicos: una molécula de ácido graso, una molécula de esfingosina o uno de sus derivados y un grupo de cabeza polar. La esfingosina es químicamente un amino alcohol de cadena larga:



Se encuentra principalmente en el tejido cerebral.

Los glucolípidos son acilglicéridos que contienen un azúcar unido mediante enlace glucosídico al grupo hidroxilo y no esterificado de los di acilglicéridos.

Los lípidos más importantes son las grasas neutras o triacilglicérolas. Su función es la de proporcionar energía a los procesos vitales en diante su oxidación. Como elementos estructurales, sirven como protección a los organismos superiores contra extremos climáticos.

1.4.- IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA QUIMICA DE LOS SERES VIVOS.

El agua es el compuesto más abundante en los organismos vivos. Debido a sus propiedades poco comunes, tiene una importancia fundamental en las funciones vitales de los organismos. La estructura de su molécula permite que se presenten fuertes enlaces de hidrógeno entre molécula y molécula, lo que trae como consecuencia elevados puntos de fusión y ebullición, así como calores de fusión, vaporización y tensión superficial elevados.

A causa de la polaridad de su molécula y a los puentes de hidrógeno, el agua es un buen disolvente para muchos de los compuestos que se encuentran en los seres vivos, teniendo además, la propiedad de dispersar moléculas anfipáticas y formar soluciones coloidales.

El agua se ioniza ligeramente formando los iones hidronio e hidroxilo. Cuando se encuentran presentes ácidos o bases, la concentración de estas especies varía, expresándose esto en función del pH ($-\log[H^+]$).

En los organismos vivos, el pH debe mantenerse constante a un nivel determinado, lo cual se logra mediante la presencia de una solución reguladora, es decir, la presencia en el agua de un ácido y su base conjugada; esto hace que la solución pueda mantener su pH a pesar de que se le agregue un ácido o una base.

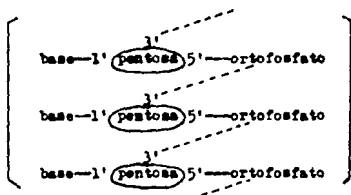
En los organismos vivos, la mayor parte de los compuestos bioquímicos, así como las reacciones, ocurren en un medio acuoso, por lo que el agua es un participante activo en muchas reacciones bioquímicas y es un factor importante de muchas de las propiedades de las macromoléculas bioquímicas.

1.5.- ACIDOS NUCLEICOS.

Los ácidos nucleicos son polímeros cuyas unidades monoméricas son los nucleótidos. Por su parte, un nucleótido está formado por la combinación de una molécula de ácido ortofosfórico, un azúcar (pentosa) y una base nitrogenada (purina o pirimidina).

Además de ser las unidades monoméricas de los ácidos nucleicos, los nucleótidos sirven también en los sistemas biológicos como la fuente ubica de alta energía (ATP), como señales reguladoras, como componentes de algunas coenzimas y como intermediarios metabólicos.

La unión de una pentosa con una base constituye un nucleósido. El ácido ortofosfórico une los nucleósidos entre sí, asociando las pentosas de dos nucleósidos consecutivos por medio de una unión éster-ortofosfato con el carbono 3' de un nucleósido y el 5' del siguiente, empleando dos de sus tres grupos ácidos, permitiendo al que permanece libre, realizar uniones con proteínas básicas:



Los azúcares que forman a los ácidos nucleicos son pentosas; son dos: la ribosa, que se localiza en el ARN y la desoxirribosa, que se encuentra en el ADN. Poseen un anillo pentagonal de cinco carbonos, de los cuales dos están unidos al ácido ortofosfórico (carbonos 3' y 5') y un tercero a la base (carbono 1').

Las bases pirimidicas se derivan de la pirimidina y comprenden citosina, timina y uracilo:



citosina



timina

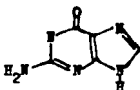


uracilo

La timidina es especifica del ADN y el uracilo del ARN.

Las bases púricas principales son adenina y guanina, aunque se encuentran algunas otras en el cuerpo humano. Las bases adenina y guanina son comunes tanto en el ADN como en el ARN. Existen otras bases púricas, la hipoxantina y la xantina, las cuales son intermediarias en el metabolismo de la adenina y la guanina.

En los humanos, el ácido úrico es el producto final del catabolismo de las purinas, siendo una purínica completamente oxidada.



Los ácidos nucleicos de los organismos vivos son el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN).

El ADN se localiza principalmente en el núcleo como constituyente de los cromosomas cuando la célula se encuentra en división y formando parte de la cromatina en la interfase. El ADN nuclear está combinado con proteínas constituyendo las nucleoproteínas. Se encuentra presente también en las mitocondrias, cloroplastos y organelos autoduplicables. Su función es la transmisión de la información genética.

El AEN se encuentra tanto en el núcleo (nucleolo, nucleoplasma y cromatina), como en mitocondrias, cloroplastos y organelos autoduplicables. En el citoplasma constituye gran parte de los ribosomas.

La función del AEN es participar en la síntesis de proteínas.

1.6.- ESTRUCTURA DE LA CELULA.

La célula es la unidad fundamental de todos los seres vivos. Todos los animales y vegetales están formados por una o millones de células, las cuales presentan una estructura común.

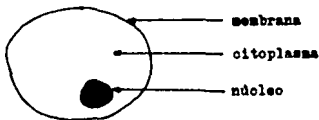
Las células se clasifican en procariotas y eucariotas.

Las células procariotas no tienen núcleo verdadero y son las más pequeñas y simples de los dos tipos.

Entre los seres vivos que están constituidos por células eucariotas están las bacterias y las algas azul-verdosas. Las únicas estructuras celulares que aparecen en todos los procariotes son los ribosomas y un cuerpo nuclear formado por una o más moléculas largas de ADN de doble cadena. Afuera de la membrana plasmática casi siempre se encuentra una pared celular y en algunas bacterias hay además flagelos y/o cilios.

Las células eucariotas tienen todos los elementos de las procariotas y otros diferenciales. Solo los ribosomas y la membrana plasmática son similares a las estructuras de las procariotas que llevan en el mismo nombre. En las células eucariotas los genes están encerrados en una envoltura nuclear y son más complejos estructuralmente que los procariotas, constituyendo a todas las plantas y animales superiores incluyendo al hombre. Además presentan en su estructura una serie de organelos con distintas funciones.

Vista al microscopio se observan dos partes principales, una en el centro de la estructura, la cual se denomina núcleo y que está rodeada por otra estructura denominada citoplasma, y marcando el límite de la estructura se encuentra una membrana:



Dentro del núcleo existen uno o más cuerpos redondeados y teñidos de obscuro denominados nucleolos, así como pequeños gránulos o agrupamientos de una sustancia esparcidos en el núcleo llamados cromatina. El componente en el cual se encuentran en suspensión nucleolos y cromatina se llama jugo nuclear.

El citoplasma es la parte externa y generalmente mayor de la célula y contiene un gran número de componentes especializados llamados organelos, dispuestos para funcionar de manera integrada y efectuar las reacciones químicas necesarias para la vida. Los organelos se encuentran en suspensión en una sustancia llamada citosol.

Por último, la membrana nuclear es una cubierta que rodea la célula y que permite o no el paso de sustancias del exterior hacia el interior de la célula y viceversa. Está formada por dos capas de fosfolípidos dispuestos más o menos perpendicularmente a la superficie de la célula, de modo que los extremos hidrófobos se unen y los hidrófilos están frente a las soluciones acuosas a cada lado de la membrana.

El nombre y la función de los principales organelos se resumen como sigue:

Mitochondria:	Cataliza mediante enzimas las reacciones de oxidación de nutrientes para proporcionar energía a la célula. Producen ATP, el cual es la principal fuente de energía de la célula.
Ribosoma:	Participan en la síntesis de proteínas que la célula necesita. Contienen ARN.
Aparato de golgi:	Sintetiza carbohidratos que participan en las secreciones celulares.
Retículo endoplásmico:	Participa en la síntesis de lípidos y almacenamiento de sustancias como calcio, glucógeno y sustancias tóxicas. Ayuda a desintoxicar a la célula.

Núcleo:

Participa en la transmisión de la información genética. Está formado por nucleolos y cromatinas, suspendidos en el jugo nuclear.

Citoplasma:

Es la solución acuosa de sustancias minerales y orgánicas en la que se encuentran suspendidos - los organelos celulares. Sirve como soporte de la célula.

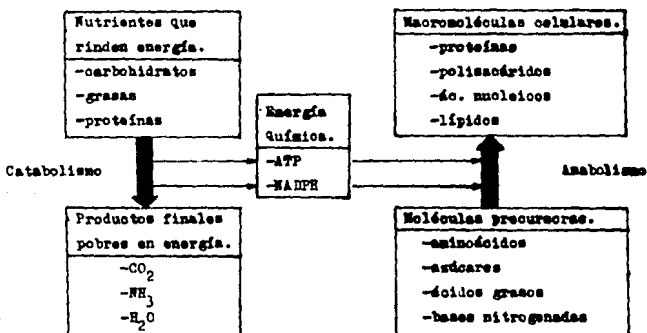
1.7.- METABOLISMO E INTERCAMBIOS ENERGÉTICOS CELULARES.

El metabolismo en los seres vivos es una actividad a nivel celular que tiene objetivos muy específicos, en el que intervienen diversos sistemas enzimáticos.

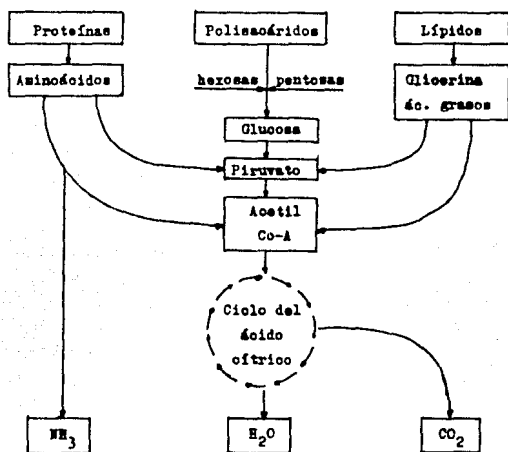
Los objetivos del metabolismo son:

- Obtención de energía a partir de los alimentos.
- Conversión de las moléculas de los nutrientes en materiales estructurales para la célula.
- Formación y degradación de las biomoléculas que se necesitan en la función especializada de las células.

El metabolismo consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, las cuales se llevan a cabo en un orden específico. Esta serie presenta dos fases, el anabolismo, que es la biosíntesis de sustancias comúnmente similares de las macromoléculas de la célula; y el catabolismo, - que es la degradación de las moléculas nutrientes a compuestos finales más pequeños y sencillos. Estos procesos involucran la transferencia de energía; en el caso del catabolismo ocurre una liberación de la misma, en tanto que en el anabolismo se requiere del consumo de energía:



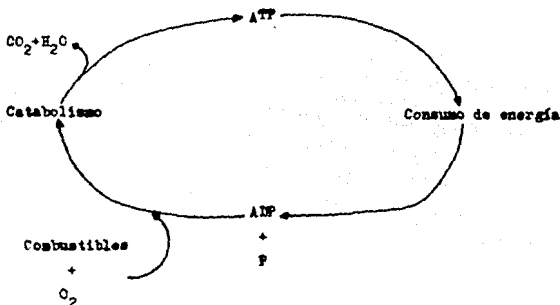
En el catabolismo existen tres fases: en la primera los polisacáridos, proteínas y lípidos se degeneran hasta sus componentes cillares; en la segunda fase se degradan hasta rendir un producto común, el grupo acetil coenzima A; y en la fase final convergen hacia el ciclo del ácido cítrico, degradando a tres productos principales, CO_2 , H_2O y NH_3 :



El anabolismo se lleva a cabo en fases similares pero, en sentido contrario. Tanto en el catabolismo como en el anabolismo, intervienen varios sistemas enzimáticos, existiendo diferentes rutas en ellos. De esta manera, la degradación de un polisacárido tendrá un cierto orden en cuanto

a las reacciones que se llevan a cabo, en tanto que la formación del mismo polisacrido tendrá otras reacciones en otro orden, que hará distintas a las rutas metabólicas.

Existe en todos los casos una transferencia de energía química. Esta energía se transmite en forma cíclica y a través de un compuesto químico, el ATP:



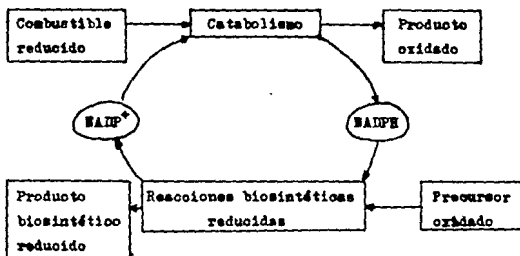
Los procesos de consumo de energía involucran la biosíntesis, contracción y movilidad, transporte activo y transferencia de información genética de la célula.

En este caso, la energía química se transporta en forma de trifosfato de adenosina (ATP) a partir del ortofosfato inorgánico y el difosfato de adenosina.

Existe otra forma de transmisión de energía, y es mediante el transporte de electrones. En este caso, el compuesto químico que interviene es la forma oxidada del fosfato del dinucleótido de adenosina y nicotina.

namida (NADP⁺).

Su forma reducida (NADPH), es el transportador de electrones ricos en energía para aquellas reacciones catabólicas y anabólicas que precisan de electrones:



Las rutas metabólicas se llevan a cabo con una rapidez regulada en función de las necesidades del organismo. Esta regulación ocurre en presencia de enzimas, hormonas o como resultado del control de la concentración de las enzimas en la célula. Las enzimas que intervienen en esta regulación se denominan enzimas alostéricas, las cuales se localizan en las primeras etapas de una secuencia multienzimática y catalizan una etapa limitante de la velocidad. Las hormonas son sustancias que estimulan o inhiben alguna actividad metabólica específica.

Además de la transformación de las sustancias nutrientes celulares mayoritarias (lípidos, proteínas y azúcares), que constituyen el denominado metabolismo central, existen otras rutas metabólicas que se ocupan de la síntesis o degradación de compuestos presentes en cantidades muy pequeñas. Estas rutas se denominan metabolismo secundario y ocurre, por ejemplo, cuando la célula sintetiza hormonas o enzimas, de las cuales son requeridas algunos miligramos o microgramos.

CAPITULO II: EFECTOS BIOLOGICOS DE LOS ELEMENTOS.

2.1.- ELEMENTOS QUIMICOS ESENCIALES.

2.1.1.- Esencialidad de los elementos químicos.

De los poco más de cien elementos conocidos, solo alrededor de 30 son considerados como indispensables para la vida.

Se han propuesto cuatro reglas que permiten inferir la esencialidad de un elemento. Estas son:

- a) Regla de la abundancia.
- b) Regla de la eficiencia.
- c) Regla de las propiedades básicas.
- d) Regla del desarrollo evolutivo.

La regla de la abundancia se refiere a que un elemento más abundante que otro tendrá mayor posibilidad de ser esencial. Se observa que los elementos considerados como esenciales son relativamente abundantes en la naturaleza, esto tiene como consecuencia que dichos elementos sean, además, los más ligeros.

La regla de la eficiencia explica que un organismo escoge entre dos o más sustancias que pueden desarrollar la misma función a aquella que presente una mayor eficiencia y disponibilidad. Pudiéndose dar el caso de que al presentarse la carencia de la sustancia más eficiente, la substituya por la más disponible.

La regla de las propiedades básicas, por su parte, dice que un elemento inorgánico, para ser seleccionado debe tener una capacidad básica o potencial para llevar a cabo la función deseada, esto es en base a sus propiedades.

La cuarta regla toma en cuenta la especialización que sufren los organismos como resultado de su evolución. Las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en presencia de algún elemento inorgánico, usualmente se efectúan a velocidades mayores a las que sugieren los modelos simples. Esto es consecuencia de las mutaciones que por efecto de la evolución se pro

sentan ocasionando que la estructura de las moléculas bioquímicas sean alteradas, incrementando su eficiencia y especificidad. Esto hace que un elemento no pueda ser reemplazado fácilmente por otro en alguna función - (Ochisi 1978).

Cuando se tiene alguna evidencia de la esencialidad de un elemento, ésta se puede comprobar mediante la experimentación, ya que un elemento puede ser considerado esencial si satisface los siguientes criterios:

- 1) Está presente en los tejidos sanos del organismo.
- 2) Su concentración en el cuerpo es regularmente constante.
- 3) Su retiro del cuerpo induce reproducibilidad de las mismas anormalidades fisiológicas y estructurales.
- 4) Su adición previene o revierte estas anomalías.
- 5) Las anomalías inducidas por deficiencia son siempre acompañadas por cambios bioquímicos específicos.
- 6) Estos cambios bioquímicos pueden ser prevenidos o curados cuando la deficiencia es prevenida o curada.

2.1.2.- Elementos estructurales.

Se tienen cuatro elementos estructurales en el cuerpo humano. Estos elementos son oxígeno, carbono, hidrógeno y nitrógeno, los cuales contribuyen con el 99.4% del peso corporal.

El término estructural se refiere a que estos cuatro elementos forman parte esencial en la estructura de los compuestos que forman a los seres vivos, tales como proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos, etc. (Azevedo 1988).

2.1.3.- Macroelementos.

Los macroelementos integran aproximadamente el 0.6% del total del peso corporal.

Estos elementos son: sodio, potasio, calcio, magnesio, azufre, fósforo y cloro; los cuales son responsables de las propiedades electroquímicas de la materia viviente, generando a los principales iones del organismo.

mo (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} y Cl^-), los cuales mantienen gran medida la neutralidad eléctrica y los volúmenes adecuados de los fluidos corporales, a consecuencia del mantenimiento de la relación adecuada entre la presión osmótica y la distribución de cargas en ambos lados de la membrana celular (Acevedo 1988).

Algunos de estos elementos también forman parte de la estructura de muchas moléculas bioquímicas, por ejemplo, el azufre y el fósforo en ciertas proteínas.

2.1.4.- Elementos traza.

Los elementos traza se encuentran en cantidades sumamente pequeñas en el cuerpo humano, contribuyendo con menos del 0.1% del peso de una persona.

La mayoría de estos elementos, en particular los metales de transición, se relacionan a nivel celular, principalmente con la actividad biológica de las enzimas; pudiendo formar parte de la estructura de éstas, o bien, requerir la presencia de un ion metálico para llevar a cabo su actividad catalítica (Martín 1986).

La función de estos iones metálicos es la de transportar electrones, favoreciendo, por tanto, la oxidación y reducción de moléculas que participan en diversos ciclos metabólicos (Acevedo 1988).

2.2.- ELEMENTOS QUÍMICOS NO ESENCIALES.

Existen en el organismo elementos químicos que no presentan ninguna actividad esencial. La presencia de estos elementos en el cuerpo humano es debida, principalmente, a su ingestión en los alimentos; pudiendo también ingresar al organismo por cualquier otra vía, como por ejemplo, por inhalación o absorción en la piel.

Estos elementos pueden o no producir efectos tóxicos, antagónicos, sinérgicos, teratogénicos, oncogénicos o mutagénicos en el organismo; es to es función de la cantidad que se encuentre presente.

CAPITULO III: PRIMERA FAMILIA.

3.1.- HIDROGENO.

3.1.1.- Localización:

Es un elemento estructural constituyente de toda la materia orgánica y de gran parte de los compuestos inorgánicos que se encuentran en el cuerpo humano, incluyendo el agua.

El 63% de todos los átomos de una persona son de hidrógeno, lo que corresponde aproximadamente a 7 Kg de una persona de 70 Kg.

Como ion (H^+) se encuentra presente en todos los líquidos del cuerpo a distintas concentraciones.

3.1.2.- Función:

La actividad enzimática se ve afectada por la concentración de iones H^+ . La actividad óptima se observa generalmente entre valores de pH de 5 y 9, aunque algunas enzimas, como las que actúan en el estómago, se activan a valores más bajos.

En la sangre el pH normal es de 7.4 ± 0.05 ; valores por arriba o por abajo de este intervalo causan alcalosis o acidosis respectivamente.

La acidosis, que es ocasionada por una elevación en la concentración de H^+ en la sangre, causa una hiperactividad en los riñones, debido a que el exceso de H^+ se elimina principalmente por medio de la orina. En casos graves, ocurre un daño renal que puede ocasionar la muerte.

La concentración de H^+ es aumentada por la liberación de ácidos durante el metabolismo de las células, como lo son los ácidos láctico y piruvico; en la oxidación de aminoácidos que contienen azufre se genera H^+ y SO_4^{2-} y en el metabolismo de sustancias que contienen fósforo H^+ y PO_4^{3-} . El anhídrido carbónico, producido en el mecanismo de la respiración, cuando se hidrata produce H^+ y CO_3^{2-} .

Cuando los riñones no pueden eliminar la carga ácida normal se produce la acidosis.

La alcalosis, por su parte, se presenta cuando existe una pérdida excesiva del jugo gástrico, principalmente debida al vómito. También se puede presentar cuando hay un agotamiento de potasio.

Sin embargo, en el cuerpo humano existen soluciones reguladoras - que evitan que el pH cambie drásticamente. Por ejemplo, el pH de la sangre se regula por un sistema constituido por el par HCO_3^- , H_2CO_3 . Participan además, la hemoglobina, las proteínas presentes y los fosfatos.

3.1.3.- Fuentes:

Todos los alimentos contienen hidrógeno. Las frutas ácidas contienen una mayor concentración de iones H^+ .

3.2.- LITIO.

3.2.1.- Localización:

El litio se encuentra uniformemente distribuido en todos los tejidos del cuerpo en bajas concentraciones, alcanzando las más altas en los módulos linfáticos, 0.2 ppm; y en los pulmones 0.06 ppm. La concentración en la sangre es de 0.006 ppm en base seca.

3.2.2.- Función:

El litio no se ha reportado como un elemento esencial para el ser humano. No se metaboliza.

El litio compite con el sodio y el potasio, pudiendo reemplazar al K^+ como activador de la enzima Na^+-K^+ ATPasa, aunque la actividad de la ATPasa es inferior con Li^+ que con K^+ . Compite con el sodio en la reabsorción tubular renal.

Farmacológicamente, el litio, como Li_2CO_3 , tiene aplicación en el tratamiento de la psicosis maniaco-depresivas, disminuyendo la actividad cerebral, aunque su mecanismo de acción no está claro.

Se ha observado que en personas con un consumo de litio por encima de los niveles normales, existe un efecto protector en la incidencia de enfermedades arterioescleróticas del corazón, al parecer, estimulando el metabolismo de triglicéridos (Fleischman 1974).

En algunos pacientes, particularmente mujeres, que se someten al tratamiento con litio, la función de la tiroides desciende, probablemente bloqueando la liberación de tiroxina.

La toxicidad de las sales de litio está relacionada con la disminución del sodio. Los síntomas de intoxicación por litio han sido reportados en pacientes con concentraciones tan bajas como 1.6 meq/l y una intoxicación severa que requiere medidas terapéuticas se han observado en pacientes con concentraciones entre 2.4 y 4.2 meq/l.

La toxicidad crónica presenta un cuadro vago e indefinido. Los principales efectos son usualmente en el tracto gastrointestinal, el siste

en nervioso central y riñones.

3.2.3.- Deficiencias:

Debido a que el litio no es esencial para el organismo, su deficiencia no provoca efecto alguno.

3.2.4.- Fuentes:

El ser humano ingiere aproximadamente 2 ug por día de litio. Una fuente importante es el agua de ciertas regiones geográficas. Debido a que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, casi todos los alimentos animales y vegetales contienen litio en mayor o menor grado. Por ejemplo, manzanas y betabeles, 0.023 ppm; col, 0.093 ppm; y cebollas, 0.23 ppm en peso seco.

3.3.- SODIO.

3.3.1.- Localización:

En el cuerpo de un hombre normal de 70 Kg se tiene aproximadamente 100 g de sodio, lo que corresponde al 0.15% del peso total. Este metal se localiza principalmente en el líquido extracelular y en la porción inorgánica del esqueleto, que sirve como un depósito de este elemento.

3.3.2.- Función:

Constituye el principal catión del líquido extracelular, donde se tiene una concentración de 52.8 meq/Kg. Está asociado al cloruro y al bicarbonato en la regulación del equilibrio ácido-base, ya que se tiene una solución buffer, en la que se encuentran ácido carbónico, cloruro y bicarbonato, entre otros solutos.

Las otras funciones importantes del sodio son el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos del cuerpo, protegiendo de este modo al organismo de las pérdidas excesivas de líquido; la preservación de la excitabilidad normal de los músculos; junto con el K^+ , está involucrado en el transporte de azúcares a través de la membrana celular y en el rompimiento de los mismos en el interior de la célula; y con el Cl^- y el K^+ , participa en el transporte de O_2 y CO_2 en la sangre, en la producción de secreciones digestivas, en la estabilidad de proteínas de masa molecular elevada, en el control del balance electrolítico y la respuesta de las células nerviosas. Es también activador de algunas enzimas (Martin 1986, - Acevedo 1988 y Harper 1978).

El sodio ingerido en exceso, en forma de cloruro de sodio, afecta al sistema nervioso central, causando convulsiones o sacudidas musculares, disminución de la percepción, estupor y coma. Los síntomas neurológicos parecen depender de la deshidratación de las células nerviosas, pudiendo llegar a romperse la membrana celular debido al incremento de la presión osmótica. La dosis letal intraperitoneal para ratones de NaCl es de 2600 mg/Kg (Frounwald 1989).

Existe una relación entre la cantidad de sodio ingerido y la tensión arterial en personas sensibles. Un exceso de sodio puede causar hipertensión, o agravar la ya existente.

3.3.3.- Deficiencias:

La deficiencia de sodio afecta directamente al sistema nervioso central, esto es originado por el incremento en el volumen de las células, incluyendo las neuronas.

Los síntomas observados son letargia, confusibilidad, estupor y coma. Si la hiponatremia se desarrolla rápidamente pueden aparecer síntomas de hiperexcitabilidad, como sacudidas musculares, irritabilidad y convulsiones.

3.3.4.- Fuentes:

La principal fuente de sodio es el cloruro de sodio utilizado para cocinar y sazonar los alimentos. Además de los alimentos salados, se presentan altas cantidades de sodio en el pan, quesos, almejas, ostras, germen de trigo, huevos, leche, chícharos, avena, espinacas, carnes, hígado, sesos, apio, margarina, mantequilla y granos enteros.

Se estima que se ingiere aproximadamente 10 g de NaCl por día, lo que corresponde a 4 g de sodio. Siendo la cantidad recomendada para la ingestión de este elemento de 1.1 a 3.3 g por día; o más si se pierde agua en forma excesiva a través del sudor o la orina (Martín 1986 y Harper — 1978).

3.4.- POTASIO.

3.4.1.- Localización:

Se encuentra presente en todo el organismo, siendo el principal ca tión intracelular.

Se tienen aproximadamente 140 g de potasio en una persona normal de 70 Kg, lo que equivale a 0.2% del peso total.

3.4.2.- Función:

Por ser el principal catión intracelular, participa en forma impor tante en el equilibrio electrolítico, el volumen celular y la presión osmó tica; siendo también un cofactor importante en ciertos procesos metabóli- cos, incluyendo la biosíntesis de proteínas por los ribosomas, el metabo- lismo de la glucosa y la activación de enzimas (piruvato cinasa, aspartato cinasa y fosfatasa).

El potasio extracelular, si bien es una pequeña porción del total (<2%), ejerce una gran influencia en la actividad neuromuscular, observán- dose principalmente en el músculo cardíaco (Brounwald 1989, Martín 1986 y Harper 1978).

Junto con el Na^+ y el Cl^- participa en el transporte de O_2 y CO_2 en la sangre, en la producción de secreciones digestivas y en la estabili- dad de proteínas de masa molecular elevada (Acevedo 1988).

El potasio está estrechamente relacionado con el sodio. Cuando se incrementa la ingestión de K^+ aumenta la excreción urinaria de Na^+ y vice- versa (Anderson 1953).

3.4.3.- Deficiencias:

Cuando existe una deficiencia, las células del cuerpo toman iones H^+ como si fueran iones K^+ a expensas del líquido extracelular, además se incrementa la excreción de iones H^+ por los riñones en la orina, acentuán- dose aún más, una alcalosis extracelular y una acidosis intracelular (Mar- tín 1986).

Al igual que el sodio, el potasio está relacionado al volumen celu- lar. Una carencia de potasio origina una deshidratación de las células,

con la correspondiente disminución del volumen celular, afectando principalmente a las células del sistema nervioso.

Los síntomas que se observan cuando se presenta una deficiencia de potasio son debilidad muscular, irritabilidad y parálisis, pudiendo presentarse taquicardia y dilatación del corazón con ritmo de galope (Rotellar 1978).

3.4.4.- Fuentes:

Las fuentes con un mayor contenido de potasio son la levadura de cerveza, soya seca, té, café, albaricoques secos, cacao, judías secas, lentejas, pan integral, vino, alfileros secos, ciruelas pasas, dátiles, higos secos, cacahuste, sidra, uvas pasas, almendras, avellanas, hongos, coca cola, zumo de naranja, jitomate, papas y manzanas.

La ingestión diaria aproximada de este elemento es de 4 g. Siendo la cantidad recomendada entre 1.8 y 5.6 g por día.

3.5.- RUBIDIO.

3.5.1.- Localización:

Los humanos adultos normales contienen casi 360 mg de rubidio en todo el cuerpo.

Todos los tejidos contienen concentraciones de rubidio que son relativamente altas, comparadas con muchos elementos traza. Algunos valores medios son: cerebro, 4.0 ± 1.1 ; músculo, 5.0 ± 0.5 ; ovarios, 5.0 ± 0.9 ; riñones, 5.1 ± 0.4 ; pulmón, 3.5 ± 0.4 ; nódulos linfáticos, 5.5 ± 1.1 ; hígado, 7.0 ± 1.0 ; y testículos, 19.6 ± 6.2 $\mu\text{g/g}$ en peso seco. El nivel medio en la sangre es de 2.7 ± 0.04 $\mu\text{g/g}$ en peso seco (Hamilton 1972/1973).

3.5.2.- Función:

El rubidio muestra algunas propiedades que sugieren su esencialidad, tal como la existencia de un control homeostático del nivel de rubidio en la sangre en niños (12 ± 3 ppm), (Lombeck 1980), aunque esta esencialidad no se ha comprobado plenamente.

El metabolismo del rubidio está estrechamente relacionado con el del potasio y muestra una intercambiabilidad con éste en una variedad de procesos fisiológicos. Al igual que el potasio, el rubidio altera las contracciones del músculo cardíaco y puede alterar el desarrollo y los estados maniacodepresivos.

3.5.3.- Deficiencias:

Debido a que no se ha demostrado su esencialidad, no se presentan síntomas originados por su deficiencia.

3.5.4.- Fuentes:

La principal fuente de rubidio son los alimentos de origen cárnico. La carne de res contiene no menos de 140 ppm en peso seco. Los alimentos de origen vegetal promedian alrededor de 35 ppm (Murthy 1967).

3.6.- CESIO.

3.6.1.- Localización:

Parecido al potasio y rubidio, el cesio está contenido mucho más en células rojas, tejido muscular y visceral, que en huesos y plasma. En estudios de distribución, el cesio fué retenido en el músculo, sin embargo, durante la primera semana, la acumulación fué mayor en hígado, bazo y riñón. El esqueleto es uno de los más bajos depósitos de este elemento.

La sangre contiene aproximadamente 15 μg de cesio en total.

3.6.2.- Función:

El cesio es capaz de substituir al potasio en cierta forma. Por ejemplo, protege parcialmente al riñón y corazón en condiciones de deficiencia de potasio; puede incrementar la formación de acetilcolina en la respiración del tejido cerebral; y se concentra en los eritrocitos como lo hace el potasio.

El cesio ha sido utilizado en medicina como isótopo trazador y en el tratamiento de enfermedades de la piel, tal como el epiteloma cutáneo.

El cesio tiene una toxicidad baja, produciendo trastornos hepáticos y disturbios neuroendócrinos.

3.6.3.- Deficiencias:

Debido a que el cesio no es un elemento esencial, no se presentan síntomas de deficiencia.

3.6.4.- Fuentes:

La ingestión promedio de cesio es de 10 μg por día, siendo la carne, huevos y productos lácteos los alimentos más ricos en este elemento. Diariamente se obtienen también, aproximadamente 0.025 μg por día a través de la inhalación.

3.7.- FRANCIÓ.

La vida media del isótopo más estable de francio es de 21 minutos. Por ello es muy difícil de apreciar sus efectos biológicos.

Debido a las propiedades periódicas, se puede esperar que su comportamiento sea muy similar al de los elementos de la primera familia, con sus propiedades entre las del cesio y del rubidio (Merok Index 1983).

Los efectos biológicos que se pueden observar están en relación a la radiación emitida por este elemento al decaer.

CAPITULO IV: SEGUNDA FAMILIA.

4.1.- HELIO.

4.1.1.- Localización:

El helio presenta baja solubilidad en el agua y grasas. Por ello no se acumula en cantidades apreciables en el organismo de manera permanente.

4.1.2.- Función:

El helio no tiene función vital en el organismo debido a su calidad de inerte. Sin embargo, esta propiedad es aprovechada, al igual que su baja solubilidad y su alta difusibilidad en la fabricación de atmósferas especiales, utilizadas en la industria y en la medicina (Laffite 1955, Cook 1961 y USACVCA 1990).

4.1.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos ocasionados por la deficiencia de helio, ya que este elemento no es esencial para el organismo.

4.1.4.- Fuentes:

El helio no se encuentra en ningún alimento. Solo se encuentra en cantidades apreciables en atmósferas preparadas con este elemento.

La cantidad de helio en la atmósfera es muy pequeña.

4.2.- BERILIO.

4.2.1.- Localización:

El berilio se acumula primeramente en los pulmones y luego se distribuye entre los tejidos y órganos. Significantes concentraciones ocurren en el hígado y el esqueleto como parte de la sustancia mineral (Skilleter 1984).

En la sangre de un hombre de 70 Kg se estiman menos de 0.52 μ g.

4.2.2.- Función:

El berilio inhibe la fosforilación de los sustratos de proteínas.

Compete con el magnesio en algunos procesos fisiológicos. Se ha sugerido que el berilio puede competir para alterar las interacciones estructurales en las proteínas de la cromatina.

4.2.3.- Deficiencias:

El berilio no es esencial, por lo que no se presentan síntomas originados por su carencia.

4.2.4.- Fuentes:

Es poca la ingestión normal de berilio por agua y alimentos, estimada en 0.1 mg al día, de la se absorbe entre 0.001 y 0.01% debido a la formación de precipitados insolubles en el intestino.

La principal vía de ingestión es por inhalación del berilio que se encuentra en el aire, debido a la combustión de carbón y tabaco, y en algunas áreas por el polvo que contienen compuestos de berilio.

4.3.- MAGNESIO.

4.3.1.- Localización:

El magnesio, junto con el potasio, constituye uno de los principales cationes intracelulares. Se acumula principalmente en los huesos y en el músculo. El cuerpo humano contiene aproximadamente 21 g de magnesio, del cual, el 70% se encuentra combinado con el calcio y el fósforo en los huesos. El resto se encuentra en los tejidos blandos y líquidos corporales. En el músculo se tiene un contenido de magnesio de 21 mg por cada 100 g.

En la sangre se encuentran de 2 a 4 mg de magnesio por cada 100 ml.

4.3.2.- Función:

El magnesio es esencial en la contracción muscular y en la transmisión del impulso nervioso.

Es un activador de enzimas, como ATPasas, fosfatasa, enolasa y fosfoglucomutasa. Inhibe la inactivación de ATP y participa en el metabolismo de carbohidratos.

Conjuntamente con el potasio, el magnesio mantiene el equilibrio osmótico y electrolítico en el interior de la célula.

En medicina, el óxido de magnesio y el trisilicato de magnesio son usados como antiácidos, el sulfato es usado como un catártico y anticonvulsivo.

4.3.3.- Deficiencias:

La alta presencia de magnesio en los alimentos hace que la mayor parte de las veces, una deficiencia dietética sea extremadamente improbable.

La deficiencia de magnesio en el hombre induce disfunción muscular, manifestada por hiperexcitabilidad, con temblor y convulsiones, y a veces acompañada de trastornos de conducta.

4.3.4.- Fuentes:

Los alimentos que contribuyen con una cantidad mayor de magnesio son los derivados del cacao, germen de trigo, almendras, castañas, soya, cacahuates, judías secas, harina de centeno, pan integral, avena, avellanas, nueces, lentejas, papas, espinacas, espárragos, huevo, leche y algunos mariscos.

4.4.- CALCIO.

4.4.1.- Localización:

El contenido total de calcio en un hombre adulto es de 1200 g, el cual se deposita en un 99% en los huesos como ortofosfato de calcio. Junto con el sodio, constituyen los dos principales cationes del líquido extracelular.

4.4.2.- Función:

Participa en la formación de los huesos y dientes, siendo el ortofosfato de calcio el compuesto que proporciona el soporte estructural a ambos. El calcio que se encuentra en el líquido extracelular tiene una amplia variedad de funciones. Participa en la excitabilidad normal del corazón, de los músculos y de los nervios, y en la coagulación de la sangre.

Activa la función de ciertas enzimas y la permeabilidad de las membranas. Regula el equilibrio electrolítico dentro y fuera de la célula, estabiliza la estructura de las proteínas e inicia la secreción de hormonas.

Entre los compuestos de calcio utilizados en medicina se encuentran citratos, ortofosfatos y sulfatos. Se utilizan como diuréticos, anti-espasmódicos, antiácidos, y por sus efectos, en la circulación.

4.4.3.- Deficiencias:

La deficiencia de calcio o hipocalcemia se debe a la disminución del calcio iónico con aparición de síntomas anormales de hiperexcitabilidad nerviosa y muscular, que puede llevar a espasmos o rigidez (con temblor sin éste), estado que se denomina tetania.

En los niños puede producir raquitismo y problemas en el crecimiento.

La hipocalcemia crónica conduce al desarrollo de la desmineralización ósea con dolores en el hueso y fracturas de compresión. También se puede presentar paro cardíaco.

La hipocalcemia, por su parte, se presenta en pacientes con enfermedades como hiperparatiroidismo, sarcoidosis, malignancia e intoxicación

con vitamina D. La muerte súbita puede ocurrir si los niveles de calcio re-
basan 160 mg/l en el plasma sanguíneo. Los síntomas de intoxicación inclu-
yen anorexia, nausea, vómito, letargo, coma y muerte.

4.4.4.- Fuentes:

La principal fuente de calcio son los quesos, leche, melaza de ar-di-
car, colinabo, bacalao seco, almendras, soya, nueces de Brasil, perejil, be-
rros, hojas de diente de león, cacahuete tostado, cacao, yema de huevo, fri-
joles, lentejas, nueces, higos, col, coliflor, espinacas, espárragos, sana-
horias y derivados lácteos.

La cantidad necesaria de calcio por día es de 800 mg para hombres
adultos. Esta cantidad varía con la edad.

4.5.- ESTRONCIO.

4.5.1.- Localización:

El contenido de estroncio en el hombre es de 323 mg, de los cuales el 99% se acumula en los huesos. El resto se distribuye uniformemente en los demás órganos del cuerpo con una concentración promedio de 0.10 ppm.

4.5.2.- Función:

No se ha demostrado concluyentemente su esencialidad en humanos. Puede substituir hasta cierto punto al calcio en muchos mecanismos, frecuentemente sin efecto adverso. Muestra una cierta actividad estimuladora.

Los compuestos de estroncio tienen un bajo orden de toxicidad y - cuando ocurre, se produce la muerte por falla respiratoria.

4.5.3.- Deficiencias:

Por no ser un elemento esencial, la deficiencia de estroncio no produce efectos en el organismo.

4.5.4.- Fuentes:

Una dieta normal contiene de 1 a 3 mg de estroncio por día. Los alimentos vegetales son las principales fuentes de estroncio y los animales son más pobres, excepto cuando se incluye el hueso.

4.6.- BARIO.

4.6.1.- Localización:

Un adulto normal contiene alrededor de 22 mg de bario, de los cuales, el 93% se deposita en los huesos; el resto se encuentra ampliamente distribuido en todos los tejidos blandos del cuerpo en muy bajas concentraciones, las cuales no se incrementan con la edad, excepto en los pulmones, debido esto al polvo atmosférico (Schroeder 1972).

Se tiene una concentración promedio de 0.06 ppm en los tejidos del cuerpo. En la sangre se tiene una media de 0.1 ± 0.06 ppm.

4.6.2.- Función:

No existe evidencia concluyente de que el bario desarrolle alguna función esencial en los organismos. En ratas y conejillos de indias, al su primir el bario de su dieta, se observa una disminución en su crecimiento (Righ 1949). Esto no se ha observado en humanos.

El bario puede activar la secreción de catecolaminas provenientes de la médula adrenal. Es mutuamente antagonico a todo depresor muscular y es un antagonista fisiológico del potasio, ya que se ha observado que ocurre una deficiencia de potasio en envenenamientos con bario.

Los compuestos solubles de bario son tóxicos, utilizándose los carbonatos, hidróxidos y cloruros como plaguicidas. La dosis letal para un hombre adulto es de 1 g de bario soluble, ocurriendo la muerte por parálisis cardiorrespiratoria.

El sulfato de bario se utiliza como trazador en radiología.

4.6.3.- Deficiencias:

No causa ningún efecto su deficiencia, ya que no se tiene ninguna evidencia de su esencialidad.

4.6.4.- Fuentes:

Se tiene una ingestión promedio de 1.33 mg al día de este elemento. La cantidad de bario en los alimentos es variable, dependiendo de su

lugar de origen. El bario acompaña al calcio en todos los alimentos. Las nueces de Brasil son particularmente ricas de este metal, con concentraciones de 3000 a 4000 ppm.

4.7.- RADIO.

4.7.1.- Localización:

El radio tiene un comportamiento muy similar al del calcio, depositándose principalmente, al igual que éste, en los huesos (Evans 1961).

4.7.2.- Función:

El radio no tiene función esencial en el organismo. Sin embargo, cuando se encuentra en cantidades relativamente altas, este elemento puede llegar a substituir al calcio como elemento estructural de los huesos.

Sus efectos biológicos más importantes están en relación a su capacidad para emitir radiaciones, pudiendo producir cáncer (Evans 1961 y - Merck Index 1983).

4.7.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos ocasionados por la deficiencia de radio en el organismo, ya que este elemento no es esencial.

4.7.4.- Fuentes:

El radio es un elemento muy escaso, por ello en los alimentos solo se encuentra al ocurrir una contaminación de este metal. Por ejemplo, en las cercanías de alguna planta nuclear.

CAPITULO V: TERCERA FAMILIA.

5.1.- BORO.

5.1.1.- Localización:

Se tiene un total en el cuerpo de aproximadamente 20 mg de boro, de los cuales 1.1 mg está en tejido adiposo, 0.52 mg en sangre, 0.1 mg en cabello, 0.16 mg en el hígado, 0.13 mg en pulmón, 8.1 mg en el músculo, 7.4 mg en el esqueleto y 1.0 mg en epidermis. En los demás tejidos se tienen aproximadamente 1 mg.

5.1.2.- Función:

Se tienen ciertas evidencias que sugieren alguna esencialidad en humanos, tales como efecto en hormonas de calcio-magnesio (Nielsen 1987). Sin embargo, estas evidencias no han sido comprobadas, por lo que no se puede afirmar que el boro sea o no un elemento esencial para el hombre.

El ácido bórico se utiliza terapéuticamente en humanos para aplicaciones en la piel y ojos como astringente y antiséptico.

5.1.3.- Deficiencias:

Se tiene reportado que su deficiencia causa una disminución en el crecimiento y un desarrollo anormal de huesos (Nielsen 1987).

5.1.4.- Fuentes:

En general, todos los alimentos de origen vegetal son fuentes im-portantes de boro, siendo el aguacate la fruta con el más alto contenido en este elemento (4 a 7 ppm). La levadura de cerveza también contiene un nivel alto de boro.

Otra fuente importante de boro son algunos alimentos industrializados que contienen ácido bórico u otros compuestos de este elemento como conservadores.

5.2.- ALUMINIO.

5.2.1.- Localización:

La mayor concentración de aluminio en el cuerpo humano se localiza en los pulmones, debido al aluminio presente en la atmósfera. Otros tejidos que concentran aluminio son hígado, cerebro, sangre y gónadas. En pacientes que se someten a un tratamiento de diálisis, se observa una acumulación anormal de aluminio en huesos, músculo y cerebro (Lions 1983).

La cantidad de aluminio en una persona normal es aproximadamente de 61 mg (Krueger 1984).

5.2.2.- Función:

A pesar de estar ampliamente distribuido en el organismo, no existen pruebas de que sea un elemento esencial. Algunos reportes sugieren que una ingestión alta de aluminio puede tener efectos adversos en el metabolismo de calcio, fósforo y flúor; y puede inducir o intensificar anomalías en el esqueleto.

Al aplicar en animales inyecciones de ortofosfato de aluminio o de aluminio en polvo en el fluido cerebroespinal se induce una progresiva encefalopatía y degeneración neurofibrilar, histológicamente comparable con los cambios encontrados en personas con demencia senil o presenil del tipo Alzheimer (Debuni 1976).

Se ha encontrado que se inducen sarcomas al implantar pequeñas hojas de aluminio debajo de la piel y en los músculos de las ratas (Luckey - 1977).

El aluminio, posiblemente, puede disminuir la absorción de colesterol, formando un complejo aluminio-pectina que une la grasa a las fibras de vegetales no digeribles (Nagyvary 1977).

Se tiene evidencia de que la inhalación de polvos de aluminio puede causar aluminosis o neumoconiosis, pero esto no es definitivo (Merok - Index 1983).

5.2.3.- Deficiencias:

Como no es esencial el aluminio para el organismo humano, no se produce ningún efecto debido a su deficiencia.

5.2.4.- Fuentes:

Una fuente de aluminio es el aire atmosférico, donde se tiene una concentración urbana de aproximadamente $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En los alimentos se ingiere por contaminación de los mismos, debido al uso de recipientes y utensilios de cocina hechos de aluminio. Otra fuente importante la constituyen los alimentos industrializados que contienen preservativos a base de aluminio.

Los alimentos que presentan una mayor cantidad natural de aluminio son: cebollas, nueces de Brasil, col, almendras, hígado, judías secas, manzana, avellanas, berros, cacahuete, carne de res, dátiles, espinaca, fresas, maíz, mantequilla, albaricoques y especias y condimentos, tales como el tomillo, orégano, semilla de apio, salvia, etc.

5.3.- GALIO.

5.3.1.- Localización:

El galio no es fácilmente absorbido por vía oral, pero rápidamente es tomado por los tejidos por vía subcutánea o intravenosa.

Principalmente, este elemento se deposita en el hueso a una concentración menor de 1 ppm y no se excreta con facilidad. Inicialmente se deposita en el hígado, riñón y bazo, pero sus concentraciones tienden a decrecer.

5.3.2.- Función:

No tiene función como elemento esencial en animales ni plantas.

El galio radioactivo se utiliza como una herramienta de diagnóstico para localización de lesiones en el hueso. El uso terapéutico del galio radioactivo produce algunos efectos adversos, tales como ligera dermatitis y disturbios gastrointestinales. La disminución de la médula ósea ha sido reportada y puede ser debida en gran parte a la radioactividad.

En animales, el galio actúa como un veneno neurovascular y causa daño renal. En ratas se ha observado fotofobia, ceguera y parálisis, además de daño renal, desde hinchazón nebulosa hasta necrosis en células tubulares. En perros se observaron cambios aplásicos en la médula ósea (Browning 1969).

5.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos debidos a su deficiencia, ya que el galio no es un elemento esencial para el organismo humano.

5.3.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de galio son, al igual que para el aluminio, almendras, nueces, avellanas, cacahuates y algunas especias y condimentos, tales como tomillo, orégano, salvia, semilla de apio, etc.

5.4.- INDIO.

5.4.1.- Localización:

Se acumula en hígado, bazo y otros órganos del sistema reticuloendotelial. La mayor cantidad se encuentra en la piel, esqueleto y músculo, pero la mayor concentración se encuentra en el hígado, riñón y bazo.

5.4.2.- Función:

El indio no tiene una función esencial en el cuerpo humano.

Este elemento inhibe las enzimas ferroxidasa y deshidrogenasa isocitrica.

Reacciona con los grupos carboxilo y aminoprotonados de la monoca-pa de fosfolípidos de las biomembranas. También reacciona con los grupos ortofosfato no esterificado de los ácidos nucleicos.

Las sales de indio son relativamente no tóxicas cuando se administran oralmente; presentan alta toxicidad cuando se administran subcutanea o intravenosamente.

El envenenamiento experimental en animales ha producido daños a - sangre, corazón, hígado y riñones (Merck Index 1983).

5.4.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos debidos a la deficiencia de indio en el organismo, ya que este elemento no es esencial.

5.4.4.- Fuentes:

La principal fuente de indio es el agua en ciertas regiones donde se encuentran sales de indio disueltas.

Los pescados y mariscos provenientes de aguas contaminadas también son fuentes importantes.

Se estima un consumo de indio diario de $\approx 8 \mu\text{g}$.

5.5.- TALIO.

5.5.1.- Localización:

El talio no es un constituyente normal de tejidos animales. Se absorbe a través de la piel y el tracto gastrointestinal. Se acumula principalmente en el riñón, testículos, bazo, pulmón, corazón, hígado y cerebro (Rios 1989).

Al ingresar el talio al cuerpo, se acumula inmediatamente en el corazón, distribuyéndose después a los demás tejidos.

5.5.2.- Función:

Los iones de talio provocan efectos cardiovasculares agudos, probablemente como resultado de la competencia con potasio para el sistema de transporte de membrana, inhibición de la fosforilación oxidativa mitocondrial, y rompimiento de síntesis de proteínas. También altera el metabolismo del hemo.

En humanos, como resultado de una ingestión sistemática prolongada, se ha reportado penetración grasa y necrosis hepática, nefritis, gastroenteritis, edema pulmonar, cambios degenerativos en glándulas suprarrenales, degeneración del sistema nervioso periferal y central, alopecia y, en algunos casos, la muerte.

Pérdida de visión y otros síntomas por envenamamiento han sido reportados por exposiciones industriales (Fowler 1982 y Browning 1969).

5.5.3.- Deficiencias:

No hay efectos debidos a su carencia en el organismo, ya que el talio no es un elemento esencial.

5.5.4.- Fuentes:

El talio ingresa al cuerpo a través de la piel, debido al uso de depilatorios que lo contienen. Se utiliza también para fabricar rodenticidas, pudiendo ocurrir contaminación y envenenamiento accidental.

Se encuentra muy poco talio en el agua potable, siendo una fuente mala de este elemento.

CAPITULO VI: CUARTA FAMILIA.

6.1.- CARBONO.

6.1.1.- Localización:

El carbono se encuentra en todo el cuerpo, siendo el constituyente principal de todas las moléculas orgánicas. Se estima que el 18% del peso total de una persona adulta es carbono.

Se encuentra como iones carbonato y bicarbonato presente en todos los líquidos del cuerpo. En el líquido extracelular se tiene una concentración de 46.8 meq/l para bicarbonato y 3.9 meq/l para carbonato. En el líquido intracelular se tienen unas concentraciones de 9.8 meq/l y 3.9 meq/l respectivamente.

El contenido de dióxido de carbono en la sangre es de 24-29 meq/l (Martin 1986).

6.1.2.- Función:

Su principal función es como elemento estructural de toda la materia orgánica, siendo carbono uno de cada diez átomos presentes en el organismo.

Como iones carbonato y bicarbonato tiene un papel importante en la regulación del pH sanguíneo, esto es debido a que constituye un sistema amortiguador que mantiene el pH en su valor óptimo (pH = 7.4).

Como resultado del metabolismo de las células se produce dióxido de carbono, el cual pasa a la sangre donde se combina con el agua para formar ácido carbónico, que se disocia en iones bicarbonato y protones por efecto de la hemoglobina, que fija los protones. Por efecto de la fijación del oxígeno se liberan los protones, se forma el ácido carbónico, que mediante la anhidrasa carbónica, se convierte en dióxido de carbono y finalmente es expulsado por los pulmones.

En medicina es utilizado el carbono elemental en la fabricación de

suturas y ligaduras de articulaciones, y como carbón activado para la absorción de gases intestinales.

6.1.3.- Deficiencias:

Debido a la amplia distribución en los alimentos, es poco probable que se presente una deficiencia de carbono. Sin embargo, es posible que ocurra la carencia de alguna sustancia en particular que contenga a este elemento (por ejemplo, una vitamina).

6.1.4.- Fuentes:

El carbono se encuentra en todos los alimentos de origen animal y vegetal.

6.2.- SILICIO.

6.2.1.- Localización:

Se encuentra principalmente en tejidos conectivos, tales como la aorta, traquea, tendón, hueso, piel y sus apéndices. También está presente en los mucopolisacáridos y el colágeno.

6.2.2.- Función:

Resulta esencial en el crecimiento y desarrollo, ya que una disminución en su ingestión provoca decremento de éstos. También interviene en la calcificación y mineralización de los huesos, así como en la formación de los mismos, de los cartilagos y del tejido conectivo.

6.2.3.- Deficiencias:

Su carencia origina problemas en el crecimiento y desarrollo del organismo. Se considera un elemento esencial, estimándose de 9 a 14 mg de silicio por día asimilados por una persona normal.

6.2.4.- Fuentes:

Los alimentos ricos en silicio son los vegetales con un alto contenido en fibra, tales como los granos enteros, el ajonjolí, el poleo, los puerros, la levadura de cerveza y la cerveza misma.

Las carnes no son buenas fuentes de silicio.

6.3.- GERMANIO.

6.3.1.- Localización:

El germanio se distribuye en todo el cuerpo, presentándose la más alta concentración inicial en el hígado y riñones.

Se introduce rápidamente en la sangre y de allí es transportado hacia los tejidos.

6.3.2.- Función:

El germanio es un elemento no esencial para el organismo humano.

Este elemento y su óxido son relativamente no tóxicos en todas las rutas de administración en pruebas con animales. Los sistemas afectados por una dosis alta de compuestos de germanio son el gastrointestinal, pulmones, hígado y riñones, aunque no se han reportado en la mayoría de los casos, daños patológicamente serios.

La intoxicación por compuestos de germanio causan edema y hemorragia pulmonar y petequia múltiple en las paredes del intestino delgado.

La muerte es precedida por choques hipotérmicos y depresión respiratoria completa.

6.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la carencia de germanio, debido a que no es un elemento esencial.

6.3.4.- Fuentes:

La ingestión diaria promedio de germanio es aproximadamente de - 1.5 μ g.

Las fuentes más ricas en germanio son los vegetales, principalmente las semillas leguminosas como lo son los chícharos, habas, frijoles, etc. Las carnes y productos lácteos también son fuentes de este elemento.

6.4.- ESTAÑO.

6.4.1.- Localización:

Se encuentra en casi todos los tejidos, excepto en el cerebro, - siendo la mayor concentración en los nódulos linfáticos, los riñones y la piel. La mayor parte del estaño inhalado permanece en los pulmones, casi todo extracelularmente. Inmediatamente después del ingreso del estaño al organismo, éste se acumula principalmente en hígado, bazo y riñones, pasando rápidamente hacia los huesos (Mozuko 1984).

6.4.2.- Función:

En bajas concentraciones, el estaño promueve el crecimiento de ratas y puede funcionar como sitio activo de varias metaloenzimas. Puede contribuir a la estructura terciaria de algunas proteínas (Prieden 1984).

Los compuestos inorgánicos son de baja toxicidad, requiriéndose grandes dosis para producir intoxicación. Los compuestos orgánicos, por su parte, son altamente tóxicos, particularmente el trietil estaño, que causa daños cerebrales (WED 1980).

El mecanismo sugerido de la toxicidad celular del estaño es la inhibición de la hidrólisis del ATP y desacoplamiento de la fosforilación oxidativa, tomando lugar en la mitocondria.

El estaño metálico exhibe una oncogenicidad superficial no específica después de la implantación de pequeños discos de estaño liso en el organismo de animales de laboratorio.

Sales poliméricas solubles de estaño inducen sarcomas en ratas, especialmente en riñón. Sales catiónicas de estaño en la dieta de ratas no causan formación tumoral (Luckey 1977).

6.4.3.- Deficiencias:

En ratas se ha observado una disminución en el crecimiento al disminuir el estaño ingerido. No se ha detectado en humanos algún síndrome de su carencia.

6.4.4.- Fuentes:

La dosis de estaño ingerida diariamente es aproximadamente de 1.5 a 3 mg.

La principal cantidad de estaño que se ingiere proviene de alimentos que han sido conservados en recipientes de estaño. Otra fuente importante son los dentífricos que contienen SnF_2 .

En el agua potable se encuentra también algo de este elemento disuelto en concentraciones de 1.1 a 2.2 $\mu\text{g}/\text{l}$.

6.5.- PLOMO.

6.5.1.- Localización:

El 90% del total del plomo del cuerpo se encuentra en huesos y -
dientes, existiendo una mayor concentración en la dentadura. Una persona
adulta normal contiene aproximadamente 130 mg.

Se encuentra plomo también en la sangre, hígado y riñones.

6.5.2.- Función:

Experimentos con ratas indican que podría ser un elemento esencial,
ya que dietas demasiado pobres en plomo dieron lugar a un crecimiento me-
nor al normal. Facilita la absorción del hierro (Nielsen 1987).

El plomo es un inhibidor de varias enzimas, lo cual es una causa
básica de su toxicidad.

La intoxicación con plomo afecta principalmente a la sangre, cere-
bro y riñones.

En la sangre inhibe varias enzimas encargadas del transporte de -
hierro. En el riñón provoca disfunción tubular, con cambios ultraestructu-
rales en la mitocondria. En el sistema nervioso causa encefalopatía.

6.5.3.- Deficiencias:

En ratas se ha observado disminución del crecimiento, aunque en hu-
manos no se ha reportado.

6.5.4.- Fuentes:

La fuente principal la constituyen los alimentos contaminados con
plomo; la ingestión promedio es de 0.1 a 2 mg por día. El agua también -
contiene pequeñas cantidades de este elemento.

Mediante la inhalación se absorbe aproximadamente el 0.03% del to-
tal.

CAPITULO VII: QUINTA FAMILIA.

7.1.- NITROGENO.

7.1.1.- Localización:

Se encuentra distribuido ampliamente en todo el cuerpo como constituyente en todas las proteínas y ácidos nucleicos.

También se presenta un poco de este elemento disuelto en la sangre y en el tejido adiposo.

En un hombre adulto normal de 70 Kg se tienen aproximadamente 2.2 Kg de nitrógeno, lo que constituye el 3% del peso corporal.

7.1.2.- Función:

La función principal es como elemento estructural de sustancias vitales que lo contienen, principalmente proteínas, enzimas y ácidos nucleicos.

Además, el nitrógeno molecular es el diluyente natural del oxígeno atmosférico, sin tener ninguna función en el metabolismo.

7.1.3.- Deficiencias:

Todo el nitrógeno requerido por el organismo está en forma de diversos compuestos. La deficiencia que se presenta es de alguno de dichos compuestos en particular, como sería algún aminoácido.

7.1.4.- Fuentes:

El nitrógeno se encuentra presente en todos los alimentos. Considerándose los más abundantes en este elemento aquellos que son ricos en proteínas, como lo son las carnes y las leguminosas.

7.2.- FOSFORO.

7.2.1.- Localización:

La cantidad estimada en el organismo es de 12 g/Kg, de la cual, el 80% del total de fósforo se encuentra combinado con el calcio en los huesos y dientes; aproximadamente el 10% se halla en combinación con proteínas, lípidos y carbohidratos y en otros compuestos en sangre y músculo; el 10% restante se encuentra ampliamente distribuido en diversos compuestos en todo el cuerpo.

7.2.2.- Función:

El fósforo como ortofosfato desempeña un papel primordial en la estructura y función de todas las células. En el interior de las células - existe ortofosfato como ion libre a una concentración de 99.5 meq/l y en el líquido extracelular a una concentración de 1.95 meq/l.

Es un componente integral de ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfolípidos y algunas proteínas. En el hueso está presente como hidroxiapatita. Existen varias enzimas, denominadas fosfatasa, que desempeñan papeles importantes en la digestión intestinal de los alimentos.

El fósforo forma parte de un compuesto de suma importancia para el organismo, el ATP (trifosfato de adenosina), el cual participa en la fosforilación oxidativa y es una fuente rica de ortofosfatos de alta energía para casi todas las reacciones químicas que requieren energía en la célula (Martin 1986).

7.2.3.- Deficiencias:

La deficiencia de fósforo ocurre como consecuencia de una absorción disminuida a nivel intestinal o por excesivo desperdicio a través del riñón.

En los niños, la deficiencia se manifiesta como raquitismo y en los adultos como osteomalacia. Se acompaña de un metabolismo anormal del calcio.

La hipofosfatemia afecta a la mayoría de las células y se presen-

tan anomalías en los eritrocitos, leucocitos, plaquetas e hígado.

Es difícil que ocurra una deficiencia dietética, debido a su amplia distribución en los alimentos.

7.2.4.- Fuentes:

La ingestión recomendada es variable con la edad, va de 1200 a - 800 mg por día.

Los alimentos ricos en calcio lo son también en fósforo, o sea leche, quesos, cacao, yema de huevo harina de soya, almendras, lentejas, chícharos secos, cacahuates, harina de trigo, nueces, hígado de res, pan integral, ejotes, arroz, cebada, avena, papas y espinacas. Los pescados y carnes son también ricos en este elemento, además de varios alimentos industrializados que contienen aditivos a base de ortofosfatos (Harper 1986 y Martín 1986).

7.3.- ARSENICO.

7.3.1.- Localización:

El arsénico se deposita principalmente en el hígado, riñones, pulmones y piel, donde se tienen las más altas concentraciones. Sin embargo, la mayor cantidad, aunque en menor concentración, se encuentra en los huesos y en los músculos.

7.3.2.- Función:

No se ha demostrado de manera definitiva su esencialidad en los humanos, aunque se ha demostrado ser necesario para animales domésticos como cerdos y aves de corral.

Este elemento presenta efectos en enzimas y sus cofactores, ya que reacciona con sus grupos tiol.

Los compuestos de arsénico son altamente tóxicos. La intoxicación causa problemas de coordinación muscular y sensorial; pérdida de apetito y problemas gastrointestinales. Se observa algunas veces anemia y leucopenia, así como daño al miocardio.

El arsénico atraviesa la placenta, produciendo daños teratogénicos en animales. Puede suceder lo mismo en humanos.

La toxicidad crónica por arsénico está asociada a una aberración cromosómica, afectando la información genética.

Produce además, cáncer en la piel y los pulmones.

7.3.3.- Deficiencias:

En animales, una deficiencia de arsénico provoca una disminución en el crecimiento, así como cambios en la coloración y brillo del pelo - (Frieden 1984).

7.3.4.- Fuentes:

Los alimentos de origen marino son las fuentes más ricas de arsénico. El pescado contiene de 2 a 8 ppm y las ostras de 3 a 10 ppm. La mayoría de los alimentos contienen menos de 0.5 ppm y raramente exceden 1 ppm en base fresca. Alimentos que contienen arsénico son la carne de res, espinacas, hígados, manzana y ajo.

7.5.- BISMUTO.

7.5.1.- Localización:

El contenido aproximado de bismuto en un hombre de 70 Kg es de - 230 μ g, lo que equivale a una concentración en base seca de 0.009 ppm (Sto kingr 1981), acumulándose la mayor cantidad en los riñones (Gregus 1986). Siendo también alta la cantidad en huesos e hígado.

7.5.2.- Función:

El bismuto no es esencial para el organismo humano. En medicina se utiliza para el tratamiento de úlceras gástricas. Los compuestos de bismuto coloidal propician la cicatrización de la úlcera, formando en medio ácido un coagulante de bismuto-proteína, que protege de la digestión gástrica (Brounvald 1989).

Los compuestos de bismuto son relativamente poco tóxicos, por lo que un envenenamiento con este elemento es raro que ocurra. Una intoxicación aguda causa daños en el hígado y riñones (Calabrese 1972).

7.5.3.- Deficiencias:

Debido a que el bismuto no es un elemento esencial, no se presentan efectos a causa de su carencia.

7.5.4.- Fuentes:

No es común que el bismuto se encuentre en los alimentos. Algunos de sus compuestos se utilizan como pesticidas, lo que ocasiona contaminación en los mismos.

Este elemento tiene una amplia aplicación en la elaboración de medicamentos, principalmente antibióticos y antifúngicos, constituyendo una fuente importante.

7.4.- ANTIMONIO.

7.4.1.- Localización:

El antimonio se encuentra presente en todos los tejidos del cuerpo a una concentración promedio entre 0.05 y 0.15 ppm en base seca, lo que equivale aproximadamente a 2.45 mg de antimonio en una persona de 70 Kg.

Se acumula primeramente en corazón, hígado y tiroides, posteriormente se distribuye de igual forma que el arsénico (Elinder 1977).

7.4.2.- Función:

No se conoce alguna función esencial del antimonio en organismos vivientes.

Reacciona con los grupos sulfhidrilo de las enzimas respiratorias, interfiriendo con el metabolismo celular. Esto causa los efectos tóxicos de los compuestos de antimonio. Dichos efectos son dermatitis, problemas gastrointestinales, irritación del tracto respiratorio y daño al corazón, que puede ser serio (Elkins 1959).

Uno de los compuestos más tóxicos es la estibina, que se produce cuando reacciona el hidrógeno nascente con el antimonio (Merck Index 1983).

7.4.3.- Deficiencias:

No se presentan síntomas a causa de la deficiencia de antimonio, ya que no es un elemento esencial.

7.4.4.- Fuentes:

El antimonio no se encuentra comúnmente en los alimentos. La principal fuente son alimentos contaminados con este elemento (Elinder 1977 y Frieberg 1984).

La ingestión promedio de este elemento es de 10 µg por día.

CAPÍTULO VIII: SEXTA FAMILIA.

8.1.- OXIGENO.

8.1.1.- Localización:

El oxígeno se halla en todo el cuerpo en forma de diversos compuestos, desde compuestos simples como el agua y ortofosfatos hasta compuestos tan complejos como hormonas o vitaminas. Como oxígeno elemental se encuentra disuelto en la sangre y el tejido adiposo.

En un hombre normal de 70 Kg se tienen aproximadamente 45.5 Kg de este elemento, lo que corresponde al 65% del peso corporal (Andrews 1961).

8.1.2.- Función:

El oxígeno es un elemento estructural de casi todos los compuestos que se encuentran en el organismo.

En el metabolismo participa en los procesos de oxidación-reducción. En estos procesos se obtiene la energía necesaria para el sostenimiento de la vida al oxidar los alimentos con la correspondiente liberación de energía y los productos de deshecho.

8.1.3.- Deficiencias:

El oxígeno es requerido por las células para oxidar los nutrientes. De presentarse la falta de oxígeno, las células mueren debido a la falta de energía en sus procesos vitales.

Las células más sensibles a la falta de oxígeno son las del cerebro. Al disminuir el suministro de oxígeno por el torrente sanguíneo, la persona afectada presenta anomalías en sus reflejos y coordinación muscular, así como en su capacidad de razonamiento. Pudiendo ocurrir la muerte de las células y generar un daño irreversible si la deficiencia es prolongada.

8.1.4.- Fuentes:

La principal fuente de oxígeno es el aire atmosférico. Ingeriendo se también en forma importante a través de los alimentos como compuestos vitales que contienen oxígeno.

8.2.- AZUFRE.

8.2.1.- Localización:

El azufre se encuentra en todo el cuerpo como parte estructural de las proteínas que contienen a los aminoácidos cistina y metionina. En el líquido intracelular se encuentra como sulfato a una concentración de 17 $\mu\text{eq/l}$.

El cuerpo de un hombre normal de 70 Kg contiene aproximadamente 175 g de azufre, lo que corresponde a 0.25% de peso corporal total (Martin 1986, Andrews 1961 y Harper 1976).

8.2.2.- Función:

El azufre es un constituyente estructural importante de los mucopolisacáridos, como el sulfato de condroitina que se encuentra en los cartílagos, los tendones, los huesos, la piel y en las válvulas del corazón. Los sulfolípidos son abundantes en tejidos como el del hígado, el riñón, de las glándulas salivales y de la materia blanca del cerebro. Otros compuestos importantes que contienen azufre son la insulina y la heparina, un anticoagulante.

Los compuestos de azufre son esenciales en muchas reacciones de oxidoreducción. Entre estos compuestos se encuentran varias coenzimas, como lo son la tiamina, la biotina, la coenzima A y el ácido lipóico. El glutatión, un compuesto importante en las reacciones de oxidoreducción, es un tripéptido de ácido glutámico, cisteína y glicina. La concentración de glutatión es especialmente alta en los glóbulos rojos.

El metabolismo de los aminoácidos derivados del azufre produce dentro de la célula ácido sulfúrico, que inmediatamente es neutralizado y excretado como sales inorgánicas. Una de las reacciones importantes del ácido sulfúrico es la conjugación con fenoles, cresoles y las hormonas sexuales esteroideas, desintoxicando al organismo de los compuestos que de otra manera serían dañinos.

8.2.3.- Deficiencias:

La deficiencia de este elemento en el organismo provoca cistinuria,

cálculos renales de cistina y defectos hereditarios (Harper 1976).

8.2.4.- Fuentes:

Las únicas fuentes importantes de azufre son los alimentos que contienen a los aminoácidos cistina y metionina, a partir de los cuales se sintetizan todos los compuestos necesarios que contienen este elemento.

Los alimentos que contienen un mayor contenido de azufre son las carnes, el hígado, pescados, huevo, soya, judías secas, cacahuete, avellanas, almendras, lentejas, avena, cacao, nueces de Brasil, ajo, rábano, cebolla y col.

8.3.- SELENIO.

8.3.1.- Localización:

El selenio se encuentra distribuido en todo el cuerpo, encontrándose en mayores concentraciones en el hígado y riñones.

8.3.2.- Función:

La función del selenio es proteger a las células de la acción oxidativa del peróxido de hidrógeno por medio de la enzima glutatión peroxidasa; y del superóxido y otros radicales libres mediante la superóxido dismutasa (Burk 1989).

El selenio elimina a la vitamina E o reduce su requerimiento, ya que se requiere para la función pancreática normal, y por tanto, para la absorción y digestión de lípidos, incluyendo la vitamina E. Además la función de la vitamina E es la misma que la de la glutatión peroxidasa. El selenio contribuye también a la retención de la vitamina E en las lipoproteínas plasmáticas. Esto es, tienen un efecto sinérgico (Martin 1986).

El selenio también es componente de otras enzimas, entre ellas la formiato deshidrogenasa, la peroxidasa y la oxidoreductasa.

Este elemento es necesario para el crecimiento de fibroblastos - (Brounvald 1989).

8.3.3.- Deficiencias:

La deficiencia de selenio produce una dilatación en el corazón y la consecuente insuficiencia cardíaca congestiva. También causa dolores musculares.

8.3.4.- Fuentes:

La recomendación segura y adecuada para la ingestión de selenio es de 50 a 200 μg por día para adultos normales. Esta cantidad es un poco menor para niños y adolescentes (Martin 1986).

Las principales fuentes de selenio incluyen mariscos, hígado, riñones y carnes.

8.4.- TELURIO.

8.4.1.- Localización:

El contenido promedio de telurio en el cuerpo de un hombre adulto normal de 70 Kg es de 600 μ g; la mayoría está en los huesos. El riñón es el de mayor contenido entre los tejidos suaves. Algunos datos sugieren que el telurio también se acumula en el hígado (Schroeder 1967).

8.4.2.- Función:

El telurio no es esencial para el organismo humano.

Dentro del cuerpo humano forma metiltelurio, lo que provoca un característico olor a ajo en personas que han ingerido una gran cantidad de este elemento.

En los órganos internos provoca congestión, edema y degeneración en el tejido graso.

En exposiciones industriales, los síntomas por intoxicación son náusea, anorexia, supresión del sudor, comección y resequedad en la piel y constipación o diarrea. Causa, además, un debilitamiento general en la persona.

Terapéuticamente se administra en forma de una suspensión de glucosa vía intramuscular para el tratamiento de la sífilis, sin causar otros síntomas que el aliento de ajo y un sabor metálico en la boca.

8.4.3.- Deficiencias:

No se presentan síntomas de deficiencia, debido a que el telurio no es un elemento esencial.

8.4.4.- Fuentes:

La cantidad ingerida en promedio es de aproximadamente 0.6 mg de telurio por día.

Es insignificante la cantidad ingerida a través del agua y del aire. Sin embargo, los alimentos industrializados son la fuente más importante de este elemento. Además se encuentra en condimentos como el ajo, productos lácteos, nueces y pescados.

8.5.- POLONIO.

8.5.1.- Localización:

Sus compuestos solubles se localizan principalmente en riñones y bazo, en tanto que sus compuestos insolubles se encuentran en el aire como contaminantes y tienden a acumularse en los pulmones (Merck Index 1983).

También se localiza polonio en la médula ósea, células sanguíneas, glándulas suprarrenales, sistema linfático, páncreas y tiroides (Pascal - 1961).

8.5.2.- Función:

El polonio no tiene función esencial en el organismo humano.

Entre los efectos que produce en el organismo se encuentra infección y hemorragia pulmonar y del tracto gastrointestinal; edema y necrosis del hígado, impotencia sexual y atrofia del bazo. Además constituye un peligro radiactivo, siendo la dosis máxima permisible de 3 nCi por kilogramo de peso. (Merck Index 1983 y Pascal 1961).

8.5.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por su deficiencia, ya que el polonio no es un elemento esencial para el ser humano.

8.5.4.- Fuentes:

No se encuentra comúnmente en los alimentos. Su presencia es resultado de la contaminación.

CAPITULO IX: SEPTIMA FAMILIA.

9.1.- FLUOR.

9.1.1.- Localización:

En los seres humanos, el flúor, en forma de fluoruro, se acumula en pequeñas cantidades solo en los huesos y dientes. La cantidad de fluoruro presente en estos tejidos depende de varios factores, incluyendo la duración de la ingestión y la edad en la cual ocurre.

Las cantidades de fluoruro en los tejidos blandos son muy pequeñas y no aumentan con la edad.

El fluoruro se distribuye inicialmente de la misma manera que el cloruro y permanece casi todo en el líquido extracelular (Brounwald 1989 y Martin 1986).

9.1.2.- Función:

Al depositarse los iones fluoruro en el esqueleto, se incorporan a los cristales de hidroxiapatita y substituyen a iones hidroxilo. Esto hace que la fase mineral tenga mayor riqueza cristalina. Los iones de fluoruro en dosis altas y forma crónica también aumentan la formación de hueso nuevo y producen una forma de hiperostosis con huesos densos, exostosis, complicaciones neurológicas por crecimiento óseo excesivo y calcificación de ligamentos. Debido a esta propiedad, se utiliza en el tratamiento de osteoporosis, que es la pérdida de masa ósea por unidad de volumen.

Tiene un efecto similar en la dentadura, observándose un decremento en la incidencia de caries dental al suministrarse fluoruros en la dieta (ANWA 1950, Brounwald 1989 y Martin 1986).

El flúor y los fluoruros son tóxicos celulares, ya que inhiben ciertas reacciones enzimáticas; tal vez la más importante sea la degradación glucolítica de glucosa. Los fluoruros forman un precipitado insoluble con calcio y producen hipocalcemia. Una dosis de 1 a 2 g de NaF puede ser mortal.

Por último, los gases de flúor son altamente corrosivos y causan quemaduras graves (Prounvald 1989).

9.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de flúor produce una alta incidencia de caries dental y fragilidad en los huesos.

9.1.4.- Fuentes:

Los alimentos que contienen una mayor cantidad de flúor son los siguientes: las carnes de res y pollo, centeno, espinacas, judías secas, avena, huevo, lechuga, maíz, manzana, col, tomates, germen de trigo, leche, berros y arroz.

Otra fuente importante la constituyen los dentífricos, los cuales contienen altas cantidades de SnF_2 .

La ingestión de flúor por medio del agua potable varía en relación al lugar de procedencia.

La ingestión recomendada para adultos es de 1.5 a 4 mg por día - (Martin 1986).

9.2.- CLORO.

9.2.1.- Localización:

El cloro se localiza en todo el cuerpo, siendo el principal anión intracelular y extracelular a una concentración de 3.9 y 27.3 meq/l respectivamente (Martín 1986 y Acevedo 1988).

La concentración de cloruro en el líquido cefalorraquídeo es mayor que en otros líquidos orgánicos, incluyendo las secreciones intestinales, donde se encuentra como ácido clorhídrico.

9.2.2.- Función:

El cloruro es esencial en el equilibrio acuoso y en la regulación de la presión osmótica, así como en el mantenimiento del equilibrio ácido-base. En esta última función, el cloro juega un papel esencial en la sangre por la acción del llamado desplazamiento de cloruros, que tiene lugar en los procesos de absorción de oxígeno y desorción de anhídrido carbónico. En el jugo gástrico, los cloruros tienen también importancia especial para producir ácido clorhídrico. Participa además, en la estabilidad de proteínas de masa molecular elevada y en el control de la contracción muscular y de la respuesta de las células nerviosas (Acevedo 1988).

9.2.3.- Deficiencias:

La deficiencia de cloro provoca calambres musculares, apatía, anorexia y alcalosis. En los lactantes, además de estos síntomas, se presenta marcada pérdida de potasio en la orina, crecimiento defectuoso y problemas de memoria (Brounvald 1989 y Martín 1986).

9.2.4.- Fuentes:

La principal fuente de cloro es la sal (NaCl), utilizada para cocinar y sazonar los alimentos. La ingestión diaria usual es de aproximadamente 10 a 15 g. Siendo la recomendación estimada como segura y adecuada de 1.7 a 5.1 g por día para un adulto normal.

Los alimentos que contienen una mayor cantidad de este elemento —

con los quesos, mantequilla, apio, papa, berenjena, berros, cacahuete, dátiles, pescados, judías, hígados, champiñones, espinaca, plátano, col, uvas pasa, lentejas, pan, pastas, huevos, leche, achicorias, cebada, habas, cerezas, perejil, pescados, tomates y zanahorias.

9.3.- BROMO.

9.3.1.- Localización:

El bromo se encuentra distribuido ampliamente en todo el cuerpo. En los tejidos se encuentra en concentraciones entre 1 y 9 ppm, encontrándose las más altas en el cabello y en el hígado (Iyengar 1988).

9.3.2.- Función:

Si se halla en cantidades suficientes, el bromuro tiende a reemplazar al cloruro en el organismo en forma cualitativa. Tiene efectos sedantes sobre el tejido nervioso, lo cual puede ser consecuencia de la menor concentración de cloruro al ser desplazado por el bromuro en el líquido extracelular.

El bromuro de sodio es un depresor leve de los centros respiratorios y se utiliza como anticonvulsivo. El bromuro de metilo es un veneno que afecta directamente al sistema nervioso central, ocasionando coma convulsivo. Sus efectos se presentan a una concentración de 20 ppm (Calabrese 1972).

Una intoxicación con bromuros ocasiona resequedad nasal y lagrimeo, daño a las papilas gustativas y alucinaciones (Jimich 1990).

9.3.3.- Deficiencias:

Se ha observado que la deficiencia de bromo provoca insomnio y disminución en el crecimiento (Nielsen 1987).

9.3.4.- Fuentes:

La principal fuente de bromo la constituyen los alimentos de origen marino, debido a la amplia distribución de este elemento en el agua de mar. También se encuentra en la papa.

9.4.- IODO.

9.4.1.- Localización:

El contenido de iodo en una persona normal es de 20 a 50 mg, donde la mayor acumulación ocurre en los músculos (50%), aunque la mayor concentración se presenta en la tiroides, que almacena el 20% del total del iodo. Otros órganos que captan el iodo importantemente son los riñones, los cuales lo excretan del cuerpo por medio de la orina.

9.4.2.- Función:

El iodo se utiliza principalmente en la síntesis de las hormonas iodotiroxina y triiodotironina, las cuales son aminoácidos iodados. Estas hormonas incrementan el consumo de oxígeno de casi todos los tejidos metabólicamente activos (Ganong 1986).

El iodo también se encuentra en la iodopsina, que es un pigmento que se encuentra en los conos de los ojos humanos y parece ser el más sensible a la luz roja.

En medicina, el iodo se utiliza como iodopiroacetato para medir el flujo plasmático renal, determinando sus concentraciones en el plasma y en la orina (Ganong 1986).

El iodo, como ioduro de potasio se utiliza en el tratamiento de esporotricosis, una enfermedad provocada por hongos (Brounwald 1989).

9.4.3.- Deficiencias:

La falta de iodo en los alimentos y el agua potable está relacionada con la ocurrencia de bocio endémico simple. En niños con ausencia o disminución de la función de la glándula tiroides, como consecuencia de la falta de iodo, se produce cretinismo (Ham 1986).

9.4.4.- Fuentes:

La principal fuente de iodo es la sal, la cual contiene aproximadamente 76 μg de iodo por cada grano de sal.

Fuentes ricas de iodo son los mariscos y pescados, como lo son la

anguila, sardinas, merlusa, ostras, arenques y langostinos. También se encuentra iodo en habas, ajo, leche, soya, rábano, algas marinas, espárragos, alcachofas, ejotes, col, cerezas, berros, carne de res, fresas, judías, piña, centeno, champiñones, hígados, limón y tomates.

La recomendación para la ingestión diaria de iodo es de 150 µg.

9.5.- ASTATINO.

9.5.1.- Localización:

Tiene un comportamiento muy parecido al yodo, encontrándose la mayor concentración en la tiroides (Cobb 1988).

9.5.2.- Función:

No es común que el astatino se encuentre en los organismos, por lo que no tiene ninguna función esencial. Sin embargo, como se mencionó, su comportamiento es muy similar al del yodo.

El astatino es un elemento radioactivo que se utiliza en medicina en el tratamiento del cáncer tiroïdal. El isótopo utilizado es el ^{211}At , el cual decae con una emisión de partículas α , destruyendo el tejido cancerígeno. Si se administra una dosis excesiva de este isótopo, la radiación originada puede dañar a los tejidos sanos (Cobb 1988).

9.5.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de este elemento, ya que el astatino no es un elemento esencial para el organismo.

9.5.4.- Fuentes:

El astatino es un elemento de vida muy corta que no se encuentra en los alimentos. Cuando se requiere su utilización en medicina es producido en un ciclotrón.

CAPITULO X: OCTAVA FAMILIA.

10.- GASES NOBLES: NEON, ARGON, KRIPTON, XENON Y RADON.

10.1.- Localización:

Estos elementos tienen ligera solubilidad en grasas, la cual aumentan con el periodo. Por lo cual se acumulan principalmente en tejidos grasos, tales como el cerebro y tejido adiposo.

Debido a que son prácticamente inertes, el tiempo de residencia en el organismo es muy corto, eliminándose al cabo de algunas horas (Cook - 1961).

10.2.- Función:

Estos elementos no tienen función esencial en el organismo humano.

Debido a que se acumulan en el tejido graso, particularmente en el cerebro, estos elementos presentan efectos anestésicos, los cuales se incrementan con el número atómico.

Estos elementos se utilizan mezclados entre sí, o con otros gases, para fabricar atmósferas especiales, lo cual está en función de su densidad y sus efectos narcóticos. Por ejemplo, se ha utilizado con éxito una mezcla de helio-neón-oxígeno para buceo (USACNCA 1990).

Los isótopos radioactivos de estos elementos se utilizan en medicina de diagnóstico y terapéutica. Por ejemplo, el kriptón es usado en el diagnóstico de enfermedades cardíacas y como trazador del flujo sanguíneo. El xenón se utiliza en el estudio de la ventilación pulmonar y también como trazador del flujo sanguíneo. El radón se utiliza en el tratamiento del cáncer (Sherman 1980).

10.3.- Deficiencias:

No se presentan síntomas por deficiencia, ya que estos elementos no son esenciales para el organismo.

10.4.- Fuentes:

La principal fuente es su administración como medicamentos o en atmósferas especiales.

El aire contiene cantidades muy pequeñas de estos elementos, siendo el más abundante el argón.

CAPITULO XI: NOVENA FAMILIA.

11.1.- ESCANDIO.

11.1.1.- Localización:

El escandio, al administrarse por via intravenosa, casi todo se deposita en el hígado y en el sistema reticuloendotelial, con pequeñas cantidades en los huesos (Luckey 1975).

11.1.2.- Función:

El escandio es un elemento tóxico que no tiene función vital en el organismo humano. Dosis letales en ratones causan distensión abdominal, parálisis respiratoria y colapso neuromuscular.

La intoxicación crónica causa retraso en el crecimiento y puede producir tumores (Luckey 1977).

El escandio, al igual que otras tierras raras, actúa como anticoagulante y es antagonista de la tromboquinasa (Haley 1965).

11.1.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos debidos a su deficiencia, ya que el escandio no es un elemento esencial para el organismo humano.

11.1.4.- Fuentes:

Es raro que se encuentre escandio en los alimentos o el agua, debido a su baja ocurrencia en la corteza terrestre. Sólo en las regiones geográficas donde se encuentra en mayor concentración se ingieren pequeñas cantidades de este elemento.

11.2.- ITRIO.

11.2.1.- Localización:

El itrio se acumula primeramente en el hígado, distribuyéndose posteriormente en los huesos (Andrews 1961).

11.2.2.- Función:

No tiene función biológica esencial en el organismo humano.

El itrio es un elemento tóxico. Su comportamiento es muy similar al del escandio.

Sus síntomas por intoxicación son anorexia y depresión de funciones fisiológicas, con muerte por paro cardíaco y respiratorio.

Los complejos de nitrato de itrio son más tóxicos que las sales simples. La implantación de itrio metálico induce crecimiento de tejido granulomatoso (Luckey 1977).

11.2.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos a causa de su deficiencia, ya que el itrio no es un elemento esencial para el ser humano.

11.2.4.- Fuentes:

Es poco frecuente que se encuentre en los alimentos, ya que es un elemento poco abundante en la corteza terrestre. Sólo en las regiones geográficas donde se encuentra en mayor concentración se ingieren pequeñas cantidades.

11.3.- LUTECIO.

11.3.1.- Localización:

El lutecio, de igual manera que el itrio, se acumula inmediatamente en el hígado, distribuyéndose posteriormente en los huesos.

11.3.2.- Función:

El lutecio no tiene función esencial en el organismo humano.

En ratas, se ha observado que la intoxicación con lutecio afecta el sistema nervioso central, produciendo entre otros síntomas, sedación y dificultad para respirar.

11.3.3.- Deficiencias:

No se producen efectos originados por la deficiencia de lutecio, ya que no es esencial para el organismo humano.

11.3.4.- Fuentes:

Es raro que el lutecio se encuentre en los alimentos, ya que es un elemento muy escaso. Su presencia en los alimentos se debe a que éstos provienen de alguna región donde abundan sus minerales.

11.4.- LAWRENCIC.

No se han observado efectos en los organismos, ya que es un elemento que se produce artificialmente y tiene un tiempo de vida media muy corto. Es peligroso por las radiaciones emitidas.

Debido a las propiedades periódicas, se podría esperar que su comportamiento sea muy similar al de lutecio e itrio.

CAPITULO XII: DECIMA FAMILIA.

12.1.- TITANIO.

12.1.1.- Localización:

El contenido de titanio en un hombre adulto normal de 70 Kg es aproximadamente de 15 mg; encontrándose la mayor cantidad en los pulmones, debido a la inhalación de polvos. Otros órganos donde se acumula son los riñones y el hígado (Casarett 1986).

12.1.2.- Función:

No hay evidencia de que el titanio realice alguna función esencial en humanos.

El titanio catiónico y los titanatos solubles son relativamente no tóxicos. El titanio metálico, así como el dióxido son prácticamente inertes.

En experimentos con ratas, los titanatos solubles causaron una ligera incapacidad de la función reproductora. Algunos titanatos son carcinógenos (Luckey 1977).

12.1.3.- Deficiencias:

No se presentan síntomas por deficiencia de titanio, ya que este elemento no es esencial para el organismo humano.

12.1.4.- Fuentes:

El titanio se absorbe deficientemente en el tracto gastrointestinal, por lo cual, los alimentos casi no contribuyen con este elemento al cuerpo humano. Sin embargo, los alimentos con un contenido alto de titanio son la papa, la mantequilla y el aceite de maiz.

La mayor cantidad de este elemento ingresa al organismo por vía de la inhalación.

La ingestión diaria promedio es de 0.39 mg (Tipton 1966).

12.2.- CIRCONIO.

12.2.1.- Localización:

La cantidad de circonio en el cuerpo de un hombre adulto oscila entre 250 y 400 mg; encontrándose las más altas concentraciones en la grasa, hígado y glóbulos rojos. Además, se deposita e inmoviliza en los huesos (Reilly 1980, Casarett 1986 y Luckey 1977).

12.2.2.- Función:

El circonio no presenta función esencial en el organismo humano.

Las sales de circonio son inhibidoras de muchas enzimas, tales como transaminasas, amilasas y fosfatasas (Smith 1978).

Al aplicarse en la piel puede causar granulomas en personas hipersensitivas.

El envenenamiento por este elemento produce necrosis en el tracto gastrointestinal y distrofia, y hemorragia en el hígado y riñones. La muerte ocurre debido a la parálisis respiratoria y circulatoria que se presenta.

Los isótopos radioactivos de este elemento depositados en el hueso provocan cáncer (Smith 1978).

12.2.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de circonio, ya que este elemento no es esencial para el organismo humano.

12.2.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de circonio son los aceites vegetales, carne, té, leche y derivados, trigo, avena, arroz y nueces.

La ingestión diaria promedio para un hombre adulto es de 3.5 mg (Reilly 1980).

12.3.- HAFNIO.

12.3.1.- Localización:

El hafnio se acumula principalmente en el hígado, huesos y riñones (Smith 1978).

12.3.2.- Función:

El hafnio no tiene función esencial en el organismo humano.

Las sales de hafnio son consideradas no tóxicas o moderadamente tóxicas. Excesiva cantidad de este elemento causa daño hepático y parálisis respiratoria (Luckey 1977).

12.3.3.- Deficiencias:

No se producen efectos ocasionados por la deficiencia de hafnio, ya que este elemento no es esencial para el ser humano.

12.3.4.- Fuentes:

El hafnio se encuentra en todos los minerales que contienen circonio, por lo que se puede asumir que los alimentos que contienen circonio tengan muy pequeñas cantidades de hafnio.

12.4.- KURCHATOVIO.

No se han observado efectos en los organismos, ya que es un elemento que se produce artificialmente y tiene un tiempo de vida media muy corto. Es peligroso por las radiaciones emitidas.

Debido a las propiedades periódicas, se podría esperar que su comportamiento biológico sea muy similar al del bafnio o del circonio.

CAPITULO XIII: DECIMO PRIMERA FAMILIA.

13.1.- VANADIO.

13.1.1.- Localización:

Se tienen aproximadamente 20 mg de vanadio en el cuerpo de un hombre adulto normal de 70 Kg (Snyder 1977).

El más grande y sencillo depósito de este elemento es la grasa. Encontrándose también importantemente en los huesos y dientes (Casarett - 1986).

En los tejidos suaves se acumula en pulmones, riñones, hígado, bazo y testículos (Goyer 1977).

13.1.2.- Función:

Existe la evidencia de que el vanadio interviene en la mineralización de huesos y dientes; participa en el metabolismo de catecolaminas y lípidos; también en el control de la bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$; y como catalizador en la oxidación de sustratos involucrados en el metabolismo del colesterol.

Los vanadatos actúan como reguladores del transporte de cationes a través de la membrana en células cardíacas, lo que los involucra en el mecanismo de control de la fuerza de contracción del corazón.

El vanadio es inhibidor de las enzimas ATPasas y fosfotransferasas (Orten 1984 y Acevedo 1988).

Los óxidos de vanadio son irritantes del sistema respiratorio, lo que hace que las personas expuestas sean susceptibles a enfermedades como bronquitis y neumonía.

La intoxicación ocasiona una disminución en la síntesis o catabolismo incrementado de cistina o cisteína, con una baja general de grupos sulfhidratos de las proteínas séricas. El contenido de ácido ascórbico - disminuye y se reduce la síntesis de hemoglobina (Goyer 1977 y Nielsen - 1987).

13.1.3.- Deficiencias:

Su deficiencia provoca una disminución en el crecimiento, alteración en el metabolismo de lípidos y disminución de la función reproductora (Nielsen 1987).

13.1.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de vanadio son la leche, mariscos, trigo, avena, arroz, centeno y algas verdes. También se encuentra en altas concentraciones en los aceites comestibles (Casarett 1986).

La ingestión promedio diaria para un adulto normal es de 4 µg. - Siendo el requerimiento estimado de 0.1 a 0.3 µg de vanadio por día (Orten 1984).

13.2.- NIOBIO.

13.2.1.- Localización:

Se tienen en el cuerpo de un hombre adulto normal de 70 Kg aproximadamente 110 μ g de niobio; los cuales se depositan principalmente en pulmones, hígado, riñones, músculo, esqueleto y bazo (Snyder 1975).

13.2.2.- Función:

El niobio no tiene ninguna función esencial en el organismo humano.

Este elemento inhibe la acción de algunas enzimas, como la adenosin trifosfatasa y deshidrogenasas.

El niobio catiónico es más tóxico que los niobatos, debido a que las sales de niobio catiónico se hidrolizan a compuestos coloidales, produciendo daño hepático y renal, siendo los principales efectos tóxicos de este elemento.

La intoxicación aguda causa hipotensión, cambios en el electrocardiograma y colapso cardiovascular (Stokinger 1981 y Luckey 1977).

13.2.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos a causa de su deficiencia en el organismo, ya que el niobio no es un elemento esencial.

13.2.4.- Fuentes:

Se encuentra ampliamente distribuido en todos los alimentos a una concentración menor a 1 ppm.

Los alimentos con un contenido mayor de este elemento son café, té, pimienta y grasas.

La ingestión promedio diaria de niobio es de 620 μ g (Snyder 1975).

13.3.- TANTALO.

13.3.1.- Localización:

El tántalo se deposita principalmente en el esqueleto y el tracto gastrointestinal (Stokinger 1981).

13.3.2.- Función:

El tántalo no tiene función esencial en los humanos.

Este elemento y muchos de sus compuestos son fisiológicamente inertes. Las sales de tántalo son prácticamente no tóxicas oralmente. La inhalación de óxidos de tántalo causa bronquitis neumonitis intersticial.

Se utiliza como soporte de huesos en cirugía, debido a su calidad de inerte (Luckey 1977).

13.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos a causa de su deficiencia, ya que el tántalo no es un elemento esencial para el organismo humano.

13.3.4.- Fuentes:

Se encuentra en los minerales asociado al niobio. Debido a esto, se puede suponer que los alimentos que contienen altas cantidades de niobio tengan muy pequeñas cantidades de tántalo.

13.4.- HAFNIO.

No se han observado efectos en los organismos, ya que es un elemento que se produce artificialmente y tiene un tiempo de vida media muy corto. Es peligroso por las radiaciones emitidas.

Debido a las propiedades periódicas, se podría esperar que su comportamiento biológico sea muy similar al del tántalo o el niobio.

CAPITULO XIV: DECIMO SEGUNDA FAMILIA.

14.1.- CROMO.

14.1.1.- Localización:

Se tienen aproximadamente 6 mg de cromo en el organismo de una persona adulta normal de 70 Kg (De la Fuente 1987).

Se encuentra distribuido en todo el cuerpo, localizándose en el núcleo celular (IUPAC 1983). Las más altas concentraciones se localizan en riñones, bazo e hígado, así como en los pulmones (Oregue 1986).

14.1.2.- Función:

El cromo actúa como cofactor de la insulina para aumentar no solo la utilización de la glucosa, sino también el transporte de aminoácidos hacia el interior de las células (corazón, hígado y diafragma). Está involucrado en el abatimiento de los niveles de azúcar en sangre, por el incremento en los niveles de la insulina.

En experimentos con ratas, se encontró que pequeñas cantidades de cromo en la dieta disminuyen el nivel de colesterol y el nivel de glucosa sérica. También se observó un aumento significativo del nivel plasmático de lipoproteínas de alta densidad y una disminución de las de baja densidad (Orten 1984).

El cromo es componente de la enzima piruvato cinasa, la cual funciona en el transporte de ortofosfatos, con la formación de ATP en la vía glucolítica; también es componente de la transferrina de Cr^{+3} del suero humano (Acevedo 1988).

Por lo anterior, este elemento juega un importante papel en el metabolismo de lípidos y carbohidratos, aparentemente como cofactor de la insulina (Orten 1984 y De la Fuente 1987).

El cromo también participa importantemente en la síntesis de ARN, mejorando ésta al aumentar los sitios de iniciación (IUPAC 1983 y Offenbacher 1988).

El cromo, además activa algunas enzimas, tales como fosfoglucomutasa y cataliza los sistemas reductores en el citocromo C (Stokinger 1981).

14.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de cromo en el organismo se manifiesta como una deteriorada tolerancia a la glucosa, glicosuria, elevada insulina circulante, deterioro del crecimiento, decremento de la longevidad, elevada cantidad de colesterol sérico y triglicéridos, incremento en la incidencia de placas aórticas, neuropatía periférica, desórdenes cerebrales y decremento de la fertilidad y del contenido de esperma (Frieden 1982, Offenbacher 1988 y De la Fuente 1987).

14.1.4.- Fuentes:

Las mejores fuentes de cromo son la levadura de cerveza, carnes de res, puerco y pollo, quesos, hongos, pimienta negra, nueces, espárragos, leche, huevo, jitomate, maíz, frijol, arroz, hígado, calabacitas, aguacate, manzana y naranja.

La cantidad de cromo ingerido diariamente para un adulto es de 0.05 a 1.12 mg; mientras que la recomendación diaria es de 0.05 a 0.2 mg por día para adultos sanos.

14.2.- MOLIBDENO.

14.2.1.- Localización:

En base húmeda, se tiene una concentración entre 0.1 y 1.0 ppm en el cuerpo humano; encontrándose en mayor cantidad y concentración en hígado, riñones, glándulas suprarrenales y huesos, con cantidades significativas en pulmones, base y músculos (Rajagopalan 1988 y Herrador 1986).

14.2.2.- Función:

Las funciones biológicas del molibdeno en animales se pueden trazar hacia su papel como grupos prostéticos en tres enzimas: xantina oxidasa deshidrogenasa, aldehído oxidasa y sulfito oxidasa, las cuales catalizan reacciones de óxido-reducción y contienen, junto con molibdeno, otros grupos prostéticos.

La xantina oxidasa participa en el catabolismo de purinas; la sulfito oxidasa cataliza el paso terminal en el metabolismo de aminoácidos - que contienen azufre; y la aldehído oxidasa actúa sobre aldehídos y substratos H-heterocíclicos.

El molibdeno también participa en el control de la absorción de cobre y en las reacciones de transferencia de energía en las células (Orten 1984, Rajagopalan 1988 y Martin 1986).

14.2.3.- Deficiencias:

La deficiencia de molibdeno es poco probable que ocurra. Los únicos casos naturales de deficiencia en humanos se debió a una deficiencia genética del cofactor molibdeno en diversos niños, presentando marcadas anomalías neurológicas, dislocación del cristalino del ojo y retardo mental, llegando a la muerte en los casos más severos (Frieden 1984).

14.2.4.- Fuentes:

Las fuentes más importantes de molibdeno son las vísceras (riñones e hígado), frijoles, chícharos, arroz y avena (Rajagopalan 1988).

La ingestión promedio para un hombre adulto es de 0.30 mg por día; siendo el requerimiento de este elemento de 0.15 a 0.50 mg diarios.

14.3.- WOLFRAMIO.

14.3.1.- Localización:

El wolframio se deposita principalmente en los huesos y el bazo cuando se ingiere por vía oral; al inhalarse, los principales depósitos son los pulmones y los riñones (Casarett 1986).

14.3.2.- Función:

El wolframio no presenta ninguna función esencial en el organismo.

Se ha observado que este elemento es un antagonista a la acción metabólica normal del molibdeno, inhibiendo las enzimas xantina oxidasa, sulfito oxidasa y aldehído oxidasa. Activa la glutaminasa del cerebro e inactiva la glutaminasa del hígado (Reilly 1980 y Stokinger 1981).

La adición de wolframio soluble en la dieta reduce la mortalidad y lesiones hepáticas características de los altos niveles de selenio ingerido. Aumentado el wolframio ingerido también disminuyó la depositación de molibdeno en el hígado de ratas y redujo la xantina oxidasa intestinal. Suficientes cantidades de wolframio causa deficiencia de la enzima en pollos (Pronning 1969).

El wolframio presenta una ligera toxicidad en humanos. Los síntomas por intoxicación son depresión nerviosa, diarrea, coma y muerte debida a parálisis respiratoria (Casarett 1986).

14.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos causados por la deficiencia de wolframio, ya que este elemento no es esencial para el ser humano.

14.3.4.- Fuentes:

Se ingieren diariamente entre 8 y 13 μ g de wolframio en promedio.

Este metal se encuentra comúnmente asociado al manganeso y al hierro en diversos minerales, por lo que se puede asumir que los alimentos ricos en estos elementos contengan pequeñas cantidades de wolframio.

CAPITULO XV: DECIMO TERCERA FAMILIA.

15.1.- MANGANESO.

15.1.1.- Localización:

El cuerpo de un hombre adulto normal contiene de 10 a 20 mg de manganeso. La mayor parte de éste se encuentra acumulada en huesos, hígado, riñones y corazón. Dentro de las células se acumula en las mitocondrias (Sánchez 1987, Schroeder 1966 y Martín 1986).

15.1.2.- Función:

El manganeso es un elemento estructural de varias metaloenzimas, - como la piruvato carboxilasa, que interviene en la nucleogénesis; y la superóxido dismutasa, que protege a la célula contra el radical libre superóxido.

El manganeso actúa como cofactor, junto con otros iones divalentes, de diversas enzimas como arginasa; aminopeptidasa; fosfatasa alcalina; lecitinasa; enolasa; mevalonato cinasa, que resulta una enzima clave en la síntesis de colesterol; y la glicosil transferasa, que interviene en la - síntesis de aminoglicanos.

El manganeso es esencial para la estructura ósea normal, la reproducción y el funcionamiento regular del sistema nervioso central. Participa además, en el funcionamiento adecuado de la glándula tiroides.

Este elemento influye importantemente en los procesos de formación de la sangre, aumenta la cantidad de glóbulos rojos y el porcentaje de hemoglobina. Entra en la composición de los fermentos del grupo de oxidación, de los cuales depende el carácter y la fuerza de la respiración de los tejidos. Actúa sobre el metabolismo de los hidratos de carbono (Acevedo 1988 y Orten 1984).

El manganeso, junto con otros elementos, es un marcado elemento antagonista de la caries dental (Herrador 1986).

El exceso de manganeso interfiere con la absorción del hierro y - puede producir una anemia por ferrodéficiencia. La anemia se revierte por administración de hierro (Orten 1984 y Sánchez 1987).

15.1.3.- Deficiencias:

Es raro que se presente la deficiencia de manganeso en el organismo. Los signos característicos por deficiencia de este elemento son alteraciones en el crecimiento, anomalías en el metabolismo glicolípídico, ataxia del recién nacido y disminución de la fertilidad.

En una persona a la cual se le dió una dieta purificada de manganeso se observaron los siguientes síntomas: hipocolesterolemia, dermatitis, pérdida de peso pasajera, náuseas y vómitos ocasionales, cambios de color y crecimiento lento del pelo y de la barba (Sánchez 1987).

15.1.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de manganeso son hígados, judías, fresas, albaricoques, apio, cacahuete, melocotón, nueces de Brasil, avellanas, piña, col, soya, berros, cereza, avena, almendra, dátiles, mantequilla, ceba da y carne de res. Concentraciones relativamente altas se dan en café y té; estas fuentes pueden llegar a ser el 10% de ingestión diaria de este elemento (Venlock 1979).

La cantidad ingerida diariamente en promedio varía de 2 a 9 mg, - siendo la ingestión diaria recomendada como segura y adecuada de 2.5 a 5.0 mg para un adulto normal.

15.2.- TECNECIO.

15.2.1.- Localización:

El tecnecio se acumula en el pulmón, hígado, tiroides y cerebro - (Luckey 1977).

15.2.2.- Función:

El tecnecio no es un elemento que se encuentre comúnmente en el organismo humano. Por sus propiedades periódicas, se puede esperar un comportamiento muy similar al del manganeso.

Su toxicidad está probablemente entre la del manganeso y la del ro nio (Luckey 1977), la cual, en gran parte asociada a la radioactividad de este elemento.

El tecnecio se utiliza radiofarmacéuticamente en el examen radiográfico del hígado y de otros órganos (Sullivan 1984).

15.2.3.- Deficiencias:

Debido a que el tecnecio no realiza ninguna función vital en el organismo, no se producen efectos a causa de su deficiencia.

15.2.4.- Fuentes:

No existen fuentes naturales abundantes de tecnecio. Se podría es perar que los alimentos ricos en manganeso contengan pequeñas cantidades de tecnecio.

15.3.- RENIO.

15.3.1.- Localización:

El renio se acumula principalmente en la tiroides y el tracto gastrointestinal, con pequeñas cantidades en huesos e hígado (Luckey 1975).

15.3.2.- Función:

El renio no tiene función esencial en el organismo humano.

Este elemento exhibe una baja toxicidad. Síntomas de intoxicación en ratas son sedación, irritación abdominal, ataxia y convulsiones. Es irritante de la piel (Luckey 1977).

15.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de renio en el organismo, ya que este elemento no es esencial.

15.3.4.- Fuentes:

El renio es un elemento de mucha escasez en la corteza terrestre (0.001 ppm).

Debido a que se encuentra en minerales de molibdeno y cobre, es probable que esté presente en muy pequeñas cantidades en alimentos que contienen estos metales.

CAPITULO XVI: DECIMO CUARTA FAMILIA.

16.1.- HIERRO.

16.1.1.- Localización:

La cantidad de hierro en un hombre adulto normal de 70 Kg es de 3 a 4 g. La mayor parte se encuentra en los glóbulos rojos como hemoglobina. También se encuentra en el hígado, bazo y médula ósea.

16.1.2.- Función:

El papel del hierro en el cuerpo está confinado casi exclusivamente al proceso de la respiración celular. Los grupos de hierro-porfirina (grupos heme) son componentes esenciales de la hemoglobina, mioglobina, - los citocromos y las enzimas catalasa y peroxidasa.

El resto del hierro del cuerpo está casi en su totalidad enlazado a las proteínas. Estas formas incluyen un sistema de almacenamiento y - transporte del mineral y de flavoproteínas (por ejemplo, NADH deshidrogenasa y succinato deshidrogenasa), y proteínas hierro-azufre de la cadena respiratoria. También es un componente esencial de la ferritina, almacenadora de hierro; de la transferrina, transportadora de hierro a la médula ósea; y de las proteínas rubredoxina y ferredoxina, participantes en los - procesos de transferencia de electrones (Martín 1986, Ortan 1984 y Harper 1978).

16.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de hierro causa anemia, que es una disminución de los glóbulos rojos de la sangre. Puede ser ocasionada por una pérdida de sangre, o bien, por la carencia de hierro en la dieta.

16.1.4.- Fuentes:

Las mejores fuentes de hierro son las vísceras animales, hígado, corazón, riñón y bazo. Otras fuentes importantes de este elemento son el cacao y derivados, harina de soya, yema de huevo, trigo integral, berros, pescado, ostras, ostiones, chicharos secos, albaricoques, almendras, avellanas, nueces, higos, dátiles, lentejas, frijoles, perejil, carne de res

y pollo, cebollas, espárragos, espinacas, melazas, avena y centeno.

La ingesta recomendada para este elemento es de 10 mg para el hombre adulto y 18 mg para una mujer adulta. Estos niveles se incrementan en los periodos de menstruación y gestación; necesitándose, en la mayoría de los casos, de una fuente complementaria de hierro.

16.2.- RUTENIO.

16.2.1.- Localización:

Después de la administración del rutenio, éste se deposita primeramente en los riñones e hígado, pasando al hueso y músculo posteriormente.

16.2.2.- Función:

El rutenio no es esencial para el ser humano. Sus sales son ligeramente tóxicas; los efectos tóxicos son convulsiones y paro respiratorio.

Este elemento causa alteraciones en el sistema cardiovascular, en el metabolismo de lípidos y en el equilibrio ácido-base.

Los polvos de óxido de rutenio son irritantes de las vías respiratorias.

En experimentos con ratas, el rutenio incrementó la actividad de la fosfatasa alcalina (Lockey 1977 y Akinfiyeva 1981 y 1988).

16.2.3.- Deficiencias:

No se producen efectos ocasionados por su deficiencia, ya que el rutenio no es un elemento esencial para el organismo humano.

16.2.4.- Fuentes:

El rutenio es un elemento muy escaso. Sus principales depósitos se encuentran en minerales de cobre, níquel y cobalto, por lo que se puede asumir que los alimentos que contienen a estos elementos contengan muy pequeñas cantidades de rutenio.

16.3.- OSMIO.

16.3.1.- Localización:

El osmio se deposita principalmente en los huesos y en las articulaciones. Pudiéndose acumular también en los pulmones mediante la inhalación de polvos que lo contienen.

Otros órganos donde se acumula son riñones, bazo y glándulas suprarrenales (Stokinger 1981, Luckey 1977 y Chem. Eng. News 1988).

16.3.2.- Función:

El osmio no tiene función esencial en el organismo humano.

La insolubilidad de las sales de osmio presagian una baja toxicidad de este elemento por vía oral. La inhalación de vapor de tetróxido de osmio o su contacto con ojos produce síntomas tóxicos agudos. Una inhalación crónica produce reducción de leucocitos y eritrocitos. Irritación se vera y coloración negra son notados en la membrana mucosa del pulmón y tracto gastrointestinal cuando dicho vapor se pone en contacto con estos tejidos.

No son fácilmente obtenibles los datos de toxicidad cuando el osmio entra al organismo por vía oral o parenteral.

Terapéuticamente se han utilizado compuestos de osmio para el tratamiento de la artritis (Chem. Eng. News 1988 y Luckey 1977).

16.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos a causa de su deficiencia en el organismo, ya que el osmio no es un elemento esencial.

16.3.4.- Fuentes:

El osmio es un elemento muy escaso en la corteza terrestre, por lo que no se encuentra comúnmente en los alimentos.

CAPITULO XVII: DECIMO QUINTA FAMILIA.

17.1.- COBALTO.

17.1.1.- Localización:

El cobalto se acumula principalmente en el hígado, músculos, bazo, riñones, timo, glándulas suprarrenales, páncreas, pulmones, pared estomacal y huesos.

El contenido total de cobalto en el cuerpo es de alrededor de 1.1 mg en promedio (Orten 1984).

17.1.2.- Función:

El cobalto es un constituyente de la molécula de la vitamina B-12, la cual es necesaria para la formación de eritrocitos (hemoglobina) y que participa también en reacciones diversas catalizadas por enzimas.

El cobalto es también un componente de la transferrina de Co^{3+} del suero humano y de una serie amplia de coenzimas (por ejemplo, las cobalaminas), indispensables en reacciones enzimáticas.

Además, este elemento es componente de varias enzimas, tales como la ribonucleótido reductasa, utilizada en la síntesis de ADN; y el glutamato mutasa, que funciona en el metabolismo de aminoácidos.

El cobalto puede reemplazar al manganeso como activador de ciertas enzimas. Es activador específico de la glicilglicina dipeptidasa y tal vez de otras (Orten 1984 y Martín 1986).

La inhalación de polvos de cobalto causa irritación en los pulmones y en contacto con la piel puede causar dermatitis.

La ingestión de sales solubles produce vómito y náusea por irritación local.

El ^{60}Co , un isótopo radiactivo, al poder ser encapsulado compactamente, ha reemplazado al radio en medicina exploratoria y tratamiento de cáncer.

El cloruro de cobalto inhibe la producción de eritrocitos (Merck Index 1983).

17.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de cobalto produce anemia; deficiencias en vitamina B-12, lo que produce la llamada anemia perniciosa (Orten 1984).

17.1.4.- Fuentes:

Alimentos con un alto contenido de cobalto incluyen remolacha verde, pan, trigo sarraceno, col, higo, cebolla verde, melaza, hongos, pera, rábano, espinaca, jitomate, nabo verde, soya, carne de res, hígados, riñones, avena, maíz, leche, huevo y pescados.

La ingestión promedio en humanos es de 0.03 a 0.3 mg por día, siendo la cantidad recomendada de 0.03 mg diarios (Martín 1986 y Orten 1984).

17.2.- RODIO.

17.2.1.- Localización:

Los órganos en los que se deposita principalmente el rodio son el hígado y los riñones.

Cuando el rodio entra al organismo a través de la inhalación, casi todo permanece en los pulmones.

La vida media biológica del rodio varía entre 4.3 y 16.5 días.

17.2.2.- Función:

El rodio no tiene función esencial en el organismo humano.

La mayoría de los compuestos de rodio son ligeramente tóxicos por ingestión oral e irritantes de la piel.

En experimentos con ratones se observaron efectos oncogénicos y mutagénicos cuando el agua tenía una concentración de $RhCl_3$ de 5 ppm. Sin embargo, algunos complejos de rodio han mostrado tener una actividad antitumoral, pero, a diferencia del platino, no se han desarrollado drogas antitumorales a base de rodio.

17.2.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de rodio en el organismo, ya que este elemento no es esencial para el ser humano.

17.2.4.- Fuentes:

El rodio es un elemento muy escaso en la corteza terrestre, por lo que no se encuentra comúnmente en los alimentos.

17.3.- IRIDIO.

17.3.1.- Localización

El iridio se acumula principalmente en el bazo, riñones, hígado, huesos y testículos (Stokinger 1981).

17.3.2.- Función:

El iridio no es un elemento esencial para el organismo humano.

No hay reportes de la toxicidad de iridio. Muchos compuestos son insolubles, y por ello mal absorbidos. Sin embargo, se puede predecir una toxicidad alta para las sales de este elemento, debido a la capacidad de coordinar con ligandos de azufre y nitrógeno (Luckey 1977).

17.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos ocasionados por la deficiencia de iridio, ya que este elemento no es esencial para el organismo humano.

17.3.4.- Fuentes:

El iridio es un elemento muy escaso en la corteza terrestre, por lo que no se encuentra comúnmente en los alimentos.

CAPITULO XVIII: DECIMO SEXTA FAMILIA.

18.1.- NIQUEL.

18.1.1.- Localización:

Se tiene un contenido aproximado de níquel en el cuerpo de 10 mg. El cual se encuentra distribuido ampliamente, encontrándose las más altas concentraciones en riñones, hígado, cerebro y uñas.

En personas ocupacionalmente expuestas, tales como mineros, se presentan concentraciones altas en los pulmones como consecuencia de la inhalación de polvos (Alegria 1987).

18.1.2.- Función:

Existe evidencia de la esencialidad del níquel en los humanos. Sin embargo, se presentan problemas para demostrarla; estos problemas son debidos a los efectos antagónicos y sinérgicos que existen en el primer período de los elementos de transición (Nielsen 1987). En otras especies animales sí se ha demostrado su esencialidad.

En función de los datos disponibles, se sugiere que actúa como cofactor, o es un componente estructural de metaloenzimas específicas o metaloproteínas, y es un factor bioligante que facilita la absorción intestinal de Fe^{3+} . Sin embargo, se desconocen todavía los papeles bioquímicos concretos que el níquel desempeña, así como los requerimientos mínimos.

No se conoce alguna enzima que dependa del níquel en mamíferos - (Alegria 1987).

Este elemento puede causar dermatitis en individuos sensibles. Debido a su mala absorción, sus compuestos tienen una toxicidad baja. La ingestión de sus sales solubles pueden causar náusea, vómito y diarrea.

El níquel y sus compuestos han sido listados como carcinógenos - (Merck Index 1983).

18.1.3.- Deficiencias:

Los síntomas de deficiencia de níquel que se han sugerido son disminución en el crecimiento, hematopoesis y alteraciones en el contenido de elementos traza en el hígado (Nielsen 1987).

18.1.4.- Fuentes:

Los alimentos vegetales son más ricos en este elemento que los de origen animal. Siendo la papa, el té, cacao y los frutos secos los que tienen mayor contenido de níquel; los arenques y ostras son también fuentes ricas (Alegria 1987).

Extrapolando las necesidades nutricionales en animales, el requerimiento para humanos es de 75 μg de níquel al día, siendo la ingestión diaria promedio de un adulto de aproximadamente 400 μg .

18.2.- PALADIO.

18.2.1.- Localización:

En experimentos realizados con animales, el paladio se acumuló - principalmente en hígado, riñones, bazo y huesos (Moore 1975).

18.2.2.- Función:

El paladio no tiene función esencial para el organismo humano.

Este elemento tiene baja toxicidad en animales y humanos (Merok In dex 1983). Presenta efectos sobre enzimas, desactivando algunas. Altas concentraciones de hidróxido de paladio causan hemólisis de eritrocitos, lo que produce una muerte instantánea.

Los síntomas de envenenamiento por paladio son tumores malignos en el pulmón y disminución en el crecimiento (Lucy 1977).

El paladio es utilizado en odontología para la elaboración de prótesis.

18.2.3.- Deficiencias:

Debido a que el paladio no es un elemento esencial para el ser humano, no se presentan efectos ocasionados por su deficiencia.

18.2.4.- Fuentes:

Es muy difícil que el paladio se encuentre en los alimentos a causa de su escasez en la naturaleza.

18.3.- PLATINO.

18.3.1.- Localización:

Debido a su baja reactividad y a su escases es difícil que se encuentre platino en el organismo. La administración de medicamentos a base de este elemento ha hecho que éste se acumule en el hígado, huesos y riñones. También se acumula en las gónadas (Hughes 1972 y Stokinger 1981).

18.3.2.- Función:

El platino metálico es biológicamente inerte. Sin embargo, el platino en polvo puede causar dermatitis e irritación de la nariz (Merck Index 1983).

Numerosos compuestos de platino (por ejemplo, $\text{cis-Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$) se han utilizado en el tratamiento de cáncer de ovarios y testículos, así como de otros tumores, debido a que permiten el crecimiento de las células pero no su reproducción (Hughes 1972). Sin embargo, se presentan reacciones alérgicas a dichos medicamentos (Luckey 1977).

Algunos complejos de platino inhiben algunas enzimas, como lo son la leucina aminopeptidasa, la malato deshidrogenasa, la deshidrogenasa alcohólica en el hígado y la lactato deshidrogenasa (Hughes 1972).

El platino es utilizado como soporte de huesos.

18.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos ocasionados por deficiencia de platino, ya que no es un elemento esencial para el organismo humano.

18.3.4.- Fuentes:

Debido a su escases no se encuentra comúnmente en los alimentos. Su presencia en el cuerpo se debe a la administración de medicamentos.

CAPITULO XIX: DECIMO SEPTIMA FAMILIA.

19.1.- COBRE.

19.1.1.- Localización:

El cuerpo humano adulto contiene de 100 a 150 mg de cobre, de los cuales, aproximadamente 64 mg se encuentran en los músculos, 23 mg en los huesos y 18 mg en el hígado, el cual contiene la concentración más alta de este elemento que cualquier otra de las vísceras. Se acumula también en el bazo, riñones, pulmones e intestino. Los eritrocitos también contienen cantidades importantes de cobre (Gregus 1986 y Harper 1976).

19.1.2.- Función:

Por lo menos once enzimas, todas oxidasas, contienen cobre. Estas son: la citocromo oxidasa, que es responsable de la mayor parte del oxígeno consumido por la vida en este planeta (más del 90%); la superóxido dismutasa (hemocupreína), que catalíticamente barre al radical libre tóxico del ion superóxido (O_2^-) generado durante el metabolismo aerobio; ferroxidasa (ceruloplasmina), funciona durante el metabolismo del hierro; tirosinasa (melanomas); uricasa (localizada en hígado y riñones); dopamina β -hidroxidasa (en glándulas suprarrenales); lisil oxidasa (en aorta y cartilago); espermina oxidasa; diamina oxidasa; y triptofano-2,3-dioxigenasa — (triptofano pirrolasa).

El cobre es esencial para la síntesis de proteínas, para la formación normal del hueso y para el mantenimiento de la mielina en el sistema nervioso. Participa, además, en la transmisión del impulso nervioso (Orten 1984, Harper 1976, Acevedo 1988 y Martin 1986).

19.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de cobre en el organismo genera acrometriquia, deficiencia de tirosina; enfermedad cardiovascular y aneurisma, deficiencia de lisil oxidasa; lesiones del sistema nervioso central, deficiencia de citocromo oxidasa; anemia, ausencia de ceruloplasmina, que produce menor absorción y utilización del hierro; "pelo de acero", incapacidad de conver-

tir los grupos -SH en puentes -S-S- y formar la estructura terciaria (Orten 1984).

19.1.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de cobre son las ostras, nueces, hígado, riñones, apio, fresas, cerezas, almendras, avellanas, avena, langosta, cacao y derivados, habas, soya, papa, carne de res, champiñones, lentejas, mais, tomates, espinaca, aceitunas, berros, dátiles y frijoles.

La recomendación diaria considerada como segura y adecuada para un adulto normal es de 2 a 3 mg (Orten 1984).

19.2.- PLATA.

19.2.1.- Localización

En los tejidos humanos donde se encuentra en mayor cantidad la plata son el cerebro, hígado, pulmones, riñones, músculos y gónadas. También se acumula en el páncreas y el corazón (Orten 1984 y Gregus 1986).

19.2.2.- Función:

No hay evidencia de la esencialidad de la plata en el organismo humano.

La plata interfiere con la actividad de la glutatión peroxidasa y altera el metabolismo del ciclo de la monofosfato de adenosina.

Este elemento presenta efectos antagónicos con el selenio, la vitamina E y el cobre, produciendo síntomas de deficiencia de estas sustancias o agravando las ya presentes (Orten 1984).

En ratas se han inducido tumores al insertar placas de plata subcutáneamente o al inyectar plata coloidal, lo que sugiere una cierta acción oncogénica (Luckey 1977).

Muchos de los compuestos de plata son tóxicos (Merck Index 1983).

19.2.3.- Deficiencias:

No se producen efectos ocasionados por la deficiencia de plata en el organismo, ya que este elemento no es esencial.

19.2.4.- Fuentes:

La mayoría de la plata que se ingiere es a través del agua potable. En los alimentos no se encuentra en cantidades apreciables, sólo en los que proceden de áreas mineras.

19.3.- ORO.

19.3.1.- Localización:

Se ha estimado que se tiene menos de 9.8 mg de oro en el cuerpo de un hombre normal de 70 Kg.

En humanos, este elemento se acumula principalmente en el hígado y riñones, así como en la sangre (Sharma 1985).

19.3.2.- Función:

El oro es un elemento no esencial para el organismo humano.

El oro metálico es biológicamente inerte. En forma catiónica, este elemento es un inhibidor de enzimas, tal como la adenosin trifosfatasa. Además, induce alteraciones en la ruta biosintética del heme (Stokinger - 1981 y Sharma 1985).

Compuestos de oro han sido utilizados en el tratamiento de artritis reumatoide y como antibióticos.

Se utiliza en odontología para la fabricación de prótesis.

19.3.3.- Deficiencias:

Como el oro no es un elemento esencial, no se presentan efectos - originados por su deficiencia.

19.3.4.- Fuentes:

La fuente principal de oro son los medicamentos a base de este elemento. El contenido en los alimentos es muy bajo; donde se ha encontrado la mayor cantidad es en la levadura de cerveza.

CAPITULO XX: DECIMO OCTAVA FAMILIA.

20.1.- CINC.

20.1.1.- Localización:

Se tienen en el cuerpo de un hombre adulto normal de 1.4 a 3 g de cinc, el cual se encuentra ampliamente distribuido; encontrándose arriba del 20% de éste en la piel. Las más altas concentraciones se encuentran en el aparato reproductor masculino, especialmente en la próstata. Se acumula además en el hígado, riñones y bazo (Gregus 1986, Braunwald 1989 y Orten 1984).

20.1.2.- Función:

El cinc es componente de varias enzimas que intervienen en las principales vías metabólicas y funciones. Es esencial para el crecimiento normal, la reproducción y la expectativa de vida en animales, y tiene un efecto benéfico sobre los procesos de reparación tisular y cicatrización de heridas.

Entre las enzimas en las que se encuentra están la anhidrasa carbónica, la cual cataliza la hidratación reversible del dióxido de carbono, siendo esencial para la respiración (también cataliza la hidrólisis de ciertos ésteres y aldehídos); carboxipeptidasa, funciona en la digestión de proteínas; fosfatasa alcalina, cataliza la hidrólisis de monoésteres ortofosfato; superóxido dismutasa, que también contiene cobre; y la retina reductasa, que se requiere para la reconstrucción del retineno.

El cinc es necesario para mantener las concentraciones normales de vitamina A en el plasma sanguíneo.

La insulina forma complejos con el cinc, estos complejos se encuentran en las células β del páncreas y hay evidencias que sugieren que el cinc se usa en estas células para almacenar y poner en libertad la insulina que se requiera.

El cinc participa en el metabolismo de carbohidratos, de lípidos y de proteínas, así como en la biosíntesis e hidrólisis del ácido desoxirribonucleico (Orten 1984, Harper 1976 y Martin 1986).

20.1.3.- Deficiencias:

La deficiencia de cinc se manifiesta como una agudeza gustativa defectuosa, anorexia, crecimiento subóptimo y cicatrización retardada de heridas. En casos graves se presenta hipogonadismo y enanismo (Orten - 1984).

20.1.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de cinc son la carne, hígados, pescados, huevo, avena, trigo, cebada y centeno integrales, leche, cerezas, fresas, lentejas, uvas pasas, soya, almendras, zanahoria, tomate, plátano, pepino, limón, lechuga, frijoles, espinacas, champiñones, dátiles y berros.

La ingestión recomendada de cinc para un adulto normal es de 15 mg por día.

20.2.- CADMIO.

20.2.1.- Localización:

El cadmio se acumula principalmente en el hígado y riñones, y su eliminación es muy lenta. Su acumulación es sucesiva durante la vida, siendo el más acumulativo de todos los metales (Martínez 1981). La cantidad promedio de este elemento en un hombre adulto normal es de 50 µg, la cual se duplica para un fumador.

20.2.2.- Función:

El cadmio no se ha demostrado que sea un elemento esencial. Sin embargo, presenta efectos estimulatorios en el crecimiento de mamíferos.

Este elemento presenta algunos efectos en enzimas, induciendo cambios en diversas enzimas gluconeogénicas. Reduce la concentración de tripsina en el suero y disminuye la capacidad inhibidora de ésta. Otros efectos del cadmio incluyen alteraciones en la fosforilación oxidativa y causa ensimuria (Stokinger 1981).

El cadmio se puede unir a la estructura de varias proteínas, ocasionando cambios en la estructura de los organelos celulares. También presenta efectos antagónicos con otros metales, particularmente con el cinc.

20.2.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por su deficiencia, ya que el cadmio no es un elemento esencial para el organismo humano.

20.2.4.- Fuentes:

Las principales fuentes de cadmio son los hígados, la papa, trigo, cebada, centeno, avena, nabos, pescados, carne, huevo y verduras enlatadas. Otra fuente importante es el humo del tabaco.

20.3.- MERCURIO.

20.3.1.- Localización:

El mercurio se deposita principalmente en la sangre, cerebro y riñones, uniéndose a los grupos sulfhidrilo de las proteínas. Una pequeña porción se deposita en el tejido adiposo (Casarett 1986).

20.3.2.- Función:

El mercurio no tiene función esencial en el organismo humano.

Puede ocurrir intoxicación con mercurio, dañando los riñones y el sistema nervioso. El daño al sistema nervioso es permanente cuando se tiene una exposición prolongada. Esta intoxicación es originada por la desnaturalización de las proteínas de los tejidos afectados (Elkins 1959).

No se ha demostrado su oncogenicidad.

Este elemento tiene efectos teratogénicos, causando aberración cromosómica en el feto (De la Fuente 1987).

20.3.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de mercurio, ya que este elemento no es esencial para el organismo humano.

20.3.4.- Fuentes:

El mercurio y sus sales son contaminantes del ambiente.

Las principales fuentes de este elemento son el pescado, hígados, huevo y carnes. La mayoría de los alimentos tienen menos de 20 ng/g de mercurio.

La ingestión promedio para una persona normal es de 10 a 15 µg por día.

CAPITULO XXI: FAMILIAS 19 A 32.

21.1.- Localización:

En general, las principales vías de ingestión son por inhalación u oralmente. En personas expuestas, por ejemplo, trabajadores de la industria nuclear, se absorbe además, a través de la piel.

Se depositan en el hígado, riñones, nódulos linfáticos y existe una gradual acumulación en los huesos.

21.2.- Función:

Ningún elemento de estas familias es esencial para el organismo humano.

Presentan una toxicidad baja, por vía oral, ya que no se absorben en el intestino fácilmente, ya que sus compuestos presentan baja solubilidad.

Sus efectos más importantes son los originados por la radiación - que emiten algunos de ellos al decaer.

Algunos de estos elementos son anticoagulantes y presentan efectos en enzimas.

21.3.- Deficiencias:

No se presentan efectos originados por la deficiencia de estos elementos, ya que ninguno de ellos es esencial para el ser humano.

21.4.- Fuentes:

No es común que se encuentren estos elementos en los alimentos, debido a que son muy escasos.

Aquellos que son naturales se encuentran ampliamente distribuidos en la corteza terrestre, aunque en cantidades muy pequeñas. Se pueden encontrar traza en el agua en los lugares donde abundan sus minerales.

Los elementos artificiales se producen por efecto de una reacción nuclear, contaminando los alimentos de los lugares donde se producen. Esto ocurre, por ejemplo, en las cercanías de plantas nucleares.

CONCLUSIONES.

Los elementos de la primera familia se encuentran presentes en el organismo humano; con excepción del francio, que no presenta isótopos estables.

Estos elementos tienen una alta reactividad, por lo que se encuentran constituyendo a numerosos compuestos, casi todos iónicos; salvo los de hidrógeno que son covalentes en las moléculas orgánicas.

Los elementos de la primera familia presentan similitudes en su comportamiento en el organismo humano. Todos ellos se distribuyen uniformemente en todo el cuerpo, interviniendo en el equilibrio electrolítico y osmótico; tienen participación activa en todos los procesos metabólicos.

Solamente se ha demostrado la esencialidad de hidrógeno, sodio y potasio. Sin embargo, cuando existe una deficiencia de éstos, los elementos restantes pueden reemplazarlos, hasta cierto punto, en sus funciones biológicas.

La no esencialidad de litio se debe a una menor abundancia y a su tendencia a formar enlaces covalentes, disminuyendo la solubilidad de éste.

El rubidio y el cesio son más escasos y son más grandes, ocasionando que su movilidad sea menor. Lo cual tiene como consecuencia que no sean esenciales.

El francio tiene un tiempo de vida media muy corto, lo que impide tener un papel esencial.

Los elementos de la segunda familia presentan un comportamiento uniforme, con excepción del helio, que es un gas noble y no presenta actividad biológica.

Entre las similitudes que presentan es que casi todo el contenido de estos elementos se deposita en los huesos e intervienen también en el equilibrio electrolítico y osmótico en función de su solubilidad.

De esta familia solo el magnesio y el calcio son esenciales:

El berilio no es esencial debido a sus propiedades anfotéricas y a su relación carga-radio iónico muy alta.

El estroncio, el bario y el radio tienen características muy similares a las del calcio. Sin embargo, su no esencialidad se debe a su mayor escasez y a su mayor tamaño, aunque pueden llegar a substituir parcialmente al calcio cuando existe una deficiencia de éste.

Ninguno de los elementos de la tercera familia es esencial, debido principalmente a que no son muy solubles y presentan un comportamiento anfotérico, lo cual impide su absorción.

Los únicos elementos esenciales de la cuarta familia son carbono y silicio, siendo el primero de éstos, la base estructural de toda la materia orgánica. El silicio, por su parte, es componente esencial del tejido conectivo. Esto es debido a su capacidad para formar enlaces covalentes.

Los tres restantes se encuentran como contaminantes, los cuales tienen un comportamiento en el cuerpo humano muy similar y muestran una toxicidad relativamente baja. El germanio, debido a sus propiedades tan parecidas a las del silicio, se puede pensar que podría llegar a substituir a éste en algunos casos.

De la quinta familia, solamente nitrógeno y fósforo presentan esencialidad en el organismo, siendo elementos estructurales y con función biológica parecida.

Los demás elementos son tóxicos, disminuyendo su toxicidad de arriba hacia abajo en la tabla periódica. Su comportamiento en el cuerpo es muy similar.

Los tres primeros elementos de la sexta familia son esenciales, siendo el oxígeno y el azufre elementos estructurales y el selenio un elemento tóxico. En grandes cantidades, el selenio es tóxico, con un comportamiento muy similar al del telurio.

El polonio causa efectos en el organismo, principalmente por efecto de la radiación emitida. También presenta cierta toxicidad.

El berilio no es esencial debido a sus propiedades anfotéricas y a su relación carga-radio iónico muy alta.

El estroncio, el bario y el radio tienen características muy similares a las del calcio. Sin embargo, su no esencialidad se debe a su mayor escasez y a su mayor tamaño, aunque pueden llegar a substituir parcialmente al calcio cuando existe una deficiencia de éste.

Ninguno de los elementos de la tercera familia es esencial, debido principalmente a que no son muy solubles y presentan un comportamiento anfotérico, lo cual impide su absorción.

Los únicos elementos esenciales de la cuarta familia son carbono y silicio, siendo el primero de éstos, la base estructural de toda la materia orgánica. El silicio, por su parte, es componente esencial del tejido conectivo. Esto es debido a su capacidad para formar enlaces covalentes.

Los tres restantes se encuentran como contaminantes, los cuales tienen un comportamiento en el cuerpo humano muy similar y muestran una toxicidad relativamente baja. El germanio, debido a sus propiedades tan parecidas a las del silicio, se puede pensar que podría llegar a substituir a éste en algunos casos.

De la quinta familia, solamente nitrógeno y fósforo presentan esencialidad en el organismo, siendo elementos estructurales y con función biológica parecida.

Los demás elementos son tóxicos, disminuyendo su toxicidad de arriba hacia abajo en la tabla periódica. Su comportamiento en el cuerpo es muy similar.

Los tres primeros elementos de la sexta familia son esenciales, siendo el oxígeno y el azufre elementos estructurales y el selenio un elemento traza. En grandes cantidades, el selenio es tóxico, con un comportamiento muy similar al del telurio.

El polonio causa efectos en el organismo, principalmente por efecto de la radiación emitida. También presenta cierta toxicidad.

La familia de los halógenos tiene como similitud en su comportamiento en el organismo, que todos sus miembros son esenciales, con excepción del astatino que es un elemento inestable. El cuerpo humano los absorbe como haluros. Sin embargo, presentan funciones biológicas muy distintas. De esta manera se observa que el flúor juega un papel importante en la formación de los huesos; el bromo y el cloro en el equilibrio electrolítico; y el yodo como componente de hormonas. Esto es debido a la diferencia en las actividades químicas de cada uno de los elementos.

La octava familia se caracteriza por su calidad de inerte. No presenta ningún efecto biológico en los seres vivos. Esto es debido a que tienen sus orbitales completos, lo que hace que estos elementos tengan una actividad química casi nula.

No se tiene ninguna función esencial entre los elementos de la novena familia. Son tóxicos y tienen un comportamiento biológico muy similar al de los elementos de la tercera familia. Esto es debido a su configuración electrónica, en la cual se tienen tres electrones de valencia.

La décima familia no tiene ningún elemento que sea esencial. Sin embargo, presentan una toxicidad relativamente baja, similar a la de los metales de la cuarta familia, ya que tienen una configuración electrónica parecida.

Los elementos de la décimo primera familia presentan una baja toxicidad, siendo el vanadio un elemento esencial. Estos elementos tienen efectos en enzimas y afectan el funcionamiento del músculo cardíaco.

Este incremento en la actividad biológica de los elementos de esta familia en comparación con la anterior se debe al menor tamaño de los átomos, lo cual permite un transporte más fácil a través de las membranas del organismo.

Se tienen dos elementos esenciales en la décimo segunda familia, lo cual es un único caso entre los elementos de transición. Estos elementos son el cromo y el molibdeno, los que se caracterizan por su papel acti

vador de ciertas enzimas, y también como elemento constituyente de algunas de ellas.

El wolframio no tiene ningún papel esencial; sin embargo, presenta una baja toxicidad y un efecto antagónico con el molibdeno y el selenio, debido a la similitud de propiedades.

En la décimo tercera familia, solo el manganeso es un elemento esencial, con efectos biológicos similares a los elementos de la séptima familia, como son el funcionamiento normal de la tiroides y el sistema nervioso y la dureza de los huesos. Esto se debe a su configuración electrónica similar a la de los halógenos.

Los elementos restantes de la décimo tercera familia no son esenciales, debido principalmente a su escasez.

Solamente el hierro es un elemento esencial entre los elementos de la décimo cuarta familia. Los elementos restantes son relativamente inertes. La esencialidad del hierro es debida a su facilidad para transportar electrones.

El rutenio y el osmio no son esenciales, debido principalmente a su escasez y a su baja reactividad.

El cobalto es el único elemento esencial de la décimo quinta familia. Los elementos restantes, rodio e iridio, no muestran ningún papel esencial y son ligeramente tóxicos, aumentando la toxicidad en este último. Esto es debido a que rodio e iridio muestran una baja reactividad, en comparación con el cobalto, y a su creciente facilidad para formar complejos.

No se tiene evidencia concluyente de que alguno de los elementos de la décimo sexta familia sea esencial. Sin embargo, se puede considerar que el níquel sí tiene una función esencial en el organismo humano, ya que su deficiencia produce efectos negativos en el cuerpo y que sí se ha demostrado su esencialidad en mamíferos.

Los elementos restantes de esta familia no presentan ninguna evidencia de alguna función esencial, debido a su baja reactividad y escasez.

Son prácticamente inertes como metales elementales.

El único elemento esencial de la familia décimo séptima es el cobre, el cual sirve como agente transportador de electrones, debido a su facilidad para ceder o aceptarlos.

Los elementos restantes de esta familia, plata y oro, no tienen función esencial en el organismo. Sin embargo, debido a su potencial de oxidación, la plata presenta efectos antagónicos con el cobre y el selenio. El oro, por su parte, debido a su baja reactividad se considera casi inerte.

En la décimo octava familia, el único elemento esencial es el cinc, en tanto que el cadmio presenta algunos efectos tóxicos y estimulatorios, pero no es esencial. El mercurio, por su parte, tiene efectos únicamente tóxicos. Este comportamiento es debido al peso de los elementos, a su potencial de ionización y a su tamaño.

Los elementos llamados tierras raras exhiben un comportamiento uniforme. Estas familias (de la décimo novena a la trigésima segunda de la tabla periódica cuántica), no cuentan entre sus elementos con ninguno esencial. Tienen una toxicidad relativamente baja y sus mayores efectos en el organismo son debidos a la radioactividad de algunos de ellos.

La no esencialidad de estos elementos se debe a su gran tamaño y peso atómico y a su gran escasez.

Después de analizar el comportamiento de los elementos químicos en el cuerpo humano, se observa que existen similitudes entre los elementos de una misma familia, siempre que sus propiedades sean parecidas y varíen uniformemente. Esto es lo que se esperaba, ya que la tabla periódica predice un comportamiento similar entre ellos.

También se observó que los elementos esenciales son los más ligeros y también los más abundantes; esto está de acuerdo con las reglas que se propusieron para que un elemento sea o no esencial.

Con base en estas reglas y en la información que se tiene, existen 25 elementos esenciales para el ser humano y 6 elementos más que podrían -

considerarse como posibles esenciales.

Estos elementos son:

- a) Esenciales: H, Na, K, Mg, Ca, C, Si, N, P, O, S, Se, F, Cl, Br, I, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn.
- b) Posiblemente esenciales: Li, Rb, Sr, Sn, As y Cd.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Acevedo, R. I.C.Y.T. 10, 136, (1988).
- 2) Akinfiyev, T. A. Gig. Tr. Zabol. 1:46-47. Chem. Abs. 95, 3, 19077p, (1981).
- 3) Alegria, A. Alimentaria oct. 51-59, (1987).
- 4) Alpers, D. H. Manual of Nutritional Therapeutics. Little Brown and Company. Boston/Toronto. 2nd Ed. (1988).
- 5) The American Water Workers Association Inc. Water Quality and Treatment. USA, (1950).
- 6) Anderson, A. K. Essentials of Physiological Chemistry. 4th Edition. John Wiley and Sons Inc. USA, (1953).
- 7) Andrews, H. L. Radiation Biophysics. Prentice Hall. USA, (1961).
- 8) Atkins, H. L. J. Nucl. Med. 25, 11, (1977).
- 9) Banner, W. Toxicol. Appl. Pharmacol. 83, 141-143, (1986).
- 10) Bargalló, M. Tratado de Química Inorgánica. Ed. Porrúa S. A. México, (1962).
- 11) Berlyne, G. W. Nephron 43, 4-9, (1986).
- 12) Bradford, C. W. Handbook on Toxicity of Inorganic compounds. Edited by H. Seiler and H. Sigel. Marcel Dekker Inc. USA, (1988).
- 13) Brownwald, E. Principios de Medicina Interna. Interamericana McGraw-Hill. México, (1989).
- 14) Browning, E. Toxicity of Industrial Metals. Ed. Putterworths. 2nd Edition. U. K., (1969).
- 15) Bulman, R. A. Handbook on Toxicity of Inorganics compounds. Edited by H. Seiler and H. Sigel. Marcel Dekker Inc. USA, (1988).
- 16) Burk, R. F. J. Nutr. 119, 7, (1989).

- 17) Calabrese, A. Toxicología. Ed. Kapelus. Argentina, (1972).
- 18) Casarett, J. S. Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons. McMillan Publishing Company. 3rd Edition. USA, (1986).
- 19) Cigureda, C. Alimentaria. Nos. 182, 194 y 195. (1988).
- 20) Cobb, L. M. Human Toxicol. 7, 529-34, (1988).
- 21) Combe, G. F. Adv. Food Res. 32, 85-113, (1988).
- 22) Cook, G. A. Editor. Argon, Helium and the Rare Gases. The Elements of the Helium Group. Volume II. John Wiley and Sons Inc. USA, (1961).
- 23) Chem. Eng. News 60, 14, 8-9, (1988).
- 24) Deboni, V. Acta Neuropathol. 35, 285-94, (1976).
- 25) De la Fuente, L. Alimentaria No. 186, 67-70, (1987).
- 26) De Robertis, P. Biología Celular. Ed. El Ateneo. Argentina, (1971).
- 27) Dhur, A. Comp. Biochem. Physiol. 94, 1, (1989).
- 28) Diccionario de los Alimentos. Consejos para Vivir con Salud. Publicaciones Marcombo S. A. México, (1983).
- 29) Elinder, G. Friberg, Nordberg and Vouk Editors. Handbook on the Toxicology of Metals. Elsevier/North Holland. USA, (1977).
- 30) Elkins, H. B. The Chemistry of Industrial Toxicology. John Wiley and Sons Inc. USA, (1959).
- 31) Evans, R. D. Health Phys. 41, 437- 48, (1981).
- 32) Fairhall, L. T. Industrial Toxicology. Williams and Wilkins Co. USA, (1957).
- 33) Farrar, G. Biochem. Soc. Trans. 15, 6, (1987).
- 34) Fleischman, A. F. J. Nutr. 104, (1974).
- 35) Foulter, B. A. Trace Metals in Human Health. Rose, J. Editor. Butterworth. London, (1982).

- 36) Frenk, S. *Gac. Med. Mex.* 124, 1-2, (1988).
- 37) Frieden, E. Editor. *Biochemistry of the Essentials Ultratrace Elements*. Plenum Press. USA, (1984).
- 38) Ganong, W. F. *Principios de Fisiología Médica*. Ed. El Manual Moderno. México, (1986).
- 39) González, T. *Ciencia y Desarrollo* 16, 24, (1990).
- 40) Goyer, R. A. *Advances in Modern Toxicology*. Volume II. Hemisphere Publishing Corp. USA, (1977).
- 41) Greger, J. L. *Food Technol.* May, 73-80, (1985).
- 42) Gregus, Z. *Toxicol. and Appl. Pharm.* 85, 24-38, (1986).
- 43) Haley, T. J. *J. Pharm. Sci.* 54, 663-70, (1956).
- 44) Ham, A. W. *Tratado de Histología*. Ed. Interamericana. México, (1986).
- 45) Hamilton, E. I. *Sci. Total Environ.* 1, 341 (1972/1973).
- 46) Harper, H. A. *Manual de Química Fisiológica*. Ed. El Manual Moderno. México, (1978).
- 47) Hendee, V. R. *Sem. Huol. Med.* 18, 1, (1987).
- 48) Herrador, M. A. *Alimentaria* No. 176, 69, (1986).
- 49) Houssey, B. A. *Fisiología Humana*. Ed. El Ateneo. Argentina, (1980).
- 50) Hughes, M. W. *The Inorganic Chemistry of Biological Processes*. John Wiley and Sons Inc. USA, (1972).
- 51) Hubsy, J. E. *Inorganic Chemistry*. Harper and Row. USA, - (1978).
- 52) Humphreys, E. R. *Radiat. Environ. Biophys.* 23, 145-48, (1984).
- 53) I.U.P.A.C. *Chemical Toxicology and Clinical Chemistry of Metals*. Academic Press. U. K., (1983).
- 54) Iyengar, V. *Clin. Chem.* 34, 2, (1988).
- 55) Jiniob, H. *Síntomas y Signos Cardinales de las Enfermedades*. Ed. Salvat. México, (1990).

- 56) Karasova, Y. *Comp. Biochem. Physiol.* 99c, 2, (1988).
- 57) Kruager, G. L. *Crit. Rev. Toxicol.* 13, 1, (1984).
- 58) Laffite, P. *Les Gaz Inertes, L'hydrogène, les Halogènes.* -
Masson et Cie. Editeurs. France, (1955).
- 59) Lenhinger, A. L. *Bioenergética.* Fondo Educativo Interamericano. México, (1986).
- 60) Lenhinger, A. L. *Bioquímica.* Ed. Omega S.A. España, (1985).
- 61) Lions, A. *Food Chem. Toxicol.* 21, 1, (1983).
- 62) Lombeck, J. *Biol. Trace Element Res.* 2, 193-98, (1980).
- 63) Luckey, T. D. *Environ. Qual. Saf. Suppl. 1(Heavy metal toxicity Safety and Hormology)*, 1-120, (1975).
- 64) Luckey, T. D. *Metal Toxicity in Mammals. Vol I.* Plenum Press. USA, (1977).
- 65) Luke, C. L. *Anal. Chem.* 28, 1273 (1956).
- 66) Martin, D. W. *Bioquímica de Harper.* Ed. El Manual Moderno. México, (1986).
- 67) Martínez, M. *Alimentaria.* No. 123, 17-21, (1981).
- 68) Mc Gilvery, R. *Bioquímica. Aplicaciones Clínicas.* Nva. Editorial Interamericana. México, (1986).
- 69) Merck Index. 10th Edition. Merck and Co. USA, (1983).
- 70) Métivier, H. J. *Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds.*
Edited by H. Seiler and H. Sigel. Marcel Dekker Inc. USA, (1988).
- 71) Mitchel, H. S. *Nutrición y Dieta.* Ed. Interamericana. México, (1978).
- 72) Momoko, Ch. *Toxicology.* 31, 23-32, (1984).
- 73) Moore, W. *Environ. Health Perspect.* 10, 63-71, (1975).
- 74) Morrison, R. T. *Organic Chemistry.* 5th Edition. Allin and Bacon Inc. USA, (1987).
- 75) Murthy, G. K. J. *Dairy Sci.* 50, 651, (1967).

- 76) Nagyvary, J. Biochem. Res. Commun. 2, 592-98, (1977).
- 77) National Academy of Sciences. Toxicants Occurring Naturally in Foods. USA, (1973).
- 78) Nielsen, P. H. J. Nutr. 115, 10, (1987).
- 79) Cohial, E. I. J. Chem. Educ. 55, 10, (1978).
- 80) Orten, J. Bioquímica Humana. Ed. Médica Panamericana. Argentina, (1980).
- 81) Offenbacher, E. G. Ann. Rev. Nutr. 543-63, (1988).
- 82) Pascal, P. Nouveau Traite de Chimie Minérale. Tome XIII. Masson et Cie. Editeurs. France, (1961).
- 83) Phillips, D. I. J. Endocr. 119, 361-63, (1988).
- 84) Rabinovits, J. L. J. Toxicol. Environ. Health. 24, 229-35, - (1988).
- 85) Rajagopalan, K. V. Ann. Rev. Nutr. 8, 401-27, (1988).
- 86) Reilly, O. Metal Contamination of Food. Applied Science Publishers L.T.D. London, (1980).
- 87) Rios, C. Arch. Toxicol. 63, 34-37, (1989).
- 88) Robbins, S. Patología Estructural y Funcional. Eva. Editorial Interamericana. México, (1987).
- 89) Rotellar, E. ABC de los Transtornos Electrolíticos. Ed. Jims. España, (1978).
- 90) Robinson, C. H. Fundamentos de Nutrición Normal. Cia. Editorial Continental. México, (1979).
- 91) Rhygh, O. Research (London). 2, 349, (1949).
- 92) Rhygh, O. Bull. Soc. Chim. Biol. 31, 1052, (1949).
- 93) Sánchez, A. Alimentaria. oct., 55-59, (1987).
- 94) Schroeder, H. A. J. Chronic. Dis. 20, 147-61, (1967).
- 95) Schroeder, H. A. J. Chronic. Dis. 25, 491, (1972).
- 96) Sharma, R. P. Pharmacology. 30, 115-20, (1985).
- 97) Skilleter, D. H. Toxicol. Environ. Chem. 7, 213-28, (1984).

- 98) Sherman, A. *The Elements of Life. An Approach to Chemistry - for the Health Sciences.* Prentice Hall Inc. USA, - (1980).
- 99) Smith, I. C. *Trace Metals in the Environment. Vol. III.* Ann Arbor Science Publishers. USA, (1978).
- 100) Snyder, W. S. *International Commission on Radiological Protection. I.C.R.P. Publication 23.* USA, (1975).
- 101) Stokinger, H. E. *The Metals. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology.* 3rd Edition. USA, (1981).
- 102) Stryer, L. *Bioquímica.* Ed. Reverté. España, (1985).
- 103) Sullivan, M. P. *Environ. Res.* 35, 439-53, (1984).
- 104) Suttle, E. F. *J. Nutr.* 119, 1, (1989).
- 105) Taylor, D. M. *Brit. J. Radiol.* 58, 655-59, (1985).
- 106) Tipton, I. H. *Health Phys.* 12, 1683, (1966).
- 107) Toporek, M. *Basic Chemistry of Life.* Appleton Century Crofts. USA, (1968).
- 108) Underwood, E. J. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition.* 4th Edition. Academic Press. USA, (1977).
- 109) U.S.A.N.C.A. *Manual de Submarinismo.* Ed. Roca. México, (1990).
- 110) Wilson, E. D. *Fisiología de la Alimentación.* Ed. Intersamericana. México, (1978).
- 111) World Health Organisation. *Environmental Health Criteria 15. Tin and Organotin Compounds, A preliminary review.* - W.H.O. Geneva, (1980).

GLOSARIO.

- Alopecia:** Caída del cabello, que puede tener diversas causas y orígenes.
- Aluminosis:** Irritación pulmonar ocasionada por polvos de aluminio.
- Aneurisma:** Dilatación permanente de una zona bien circunscrita de la pared arterial que ha sufrido alteraciones previas.
- Anorexia:** Falta o escasez notable del apetito.
- Antiséptico:** Agente que combate la infección, destruyendo los respectivos microbios patógenos.
- Apatía:** Falta de afectividad, y en consecuencia es el estado psíquico de indiferencia, de desinterés, por todo o a nuestro alrededor.
- Astringente:** Fármaco que elimina la defecación semilíquida o demasiado abundante de la diarrea.
- Atrofia:** Disminución del tamaño de un órgano o tejido a consecuencia de una disminución o alteración de los procesos nutritivos que impide llegue a las células del mismo la cantidad de material necesario para mantener el equilibrio del recambio orgánico.
- Catártico:** Cualquier sustancia de acción purgante.
- Colapso:** Retracción de un órgano interiormente hueco (corazón, vasos sanguíneos) con la consiguiente afectación de su respectiva función.
- Edema:** Hinchazón de los tejidos por la impregnación anormal de líquido seroso.
- Emético:** Cualquier sustancia que provoque el vómito.
- Encefalopatía:** Cualquier enfermedad del cerebro en general.
- Epiteloma:** Tumor maligno formado de tejido epitelial de carácter atípico.
- Estupor:** Estado psicopatológico caracterizado por la ausencia completa de

voluntad y de indiferencia total por el ambiente.

Gastroenteritis: Inflamación conjunta de la mucosa del estómago y del intestino delgado.

Leucopenia: Disminución de leucocitos de la sangre por debajo de su número normal.

Melanoma: Tumor caracterizado por la intensa coloración oscura a consecuencia del pigmento melanina que contienen sus células.

Necrosis: Muerte, en el organismo viviente, de algunos elementos celulares o grupos de dichos elementos que pueden llegar a constituir un tejido, órgano o parte corporal completa.

Nefritis: Enfermedad de los riñones provocada por lesiones de naturaleza inflamatoria.

Neumocoquinosis: Conjunto de las alteraciones pulmonares consecutivas a la inhalación prolongada y masiva de diversos polvos, de los cuales, algunos son inertes y otros nocivos.

Petequia: Erupción cutánea provocada por hemorragias consecutivas a mínúculas extravasaciones sanguíneas superficiales.

Sarcoma: Tumor conectivo maligno constituido por elementos celulares atípicos que se reproducen rápidamente.

APENDICE

ELEMENTO	DOSIS DIARIA RECOMENDADA	ALIMENTOS Y CANTIDAD NECESARIA PARA OBTENER EL 50% DE LA DOSIS DIARIA RECOMENDADA				
Na	2.2 g	SAL COMUN 2.75 g	HUEVO 846 g	SEBOS 1000 g	APIO 1158 g	HARINOS 1222 g
K	3.7 g	SOYA 800 g	LEV. CERVEZA 101.5 g	TE 105.7 g	CACAO 132.1 g	ALMORICABLE 217.6 g
Mg	300 mg	CACAHUATE 97.2 g	TRIGO INT. 224.4 g	CARNE POLLO 760.9 g	QUESO 700 g	PERCONO 760.9 g
Ca	800 mg	QUESO 46.8 g	LECHE POLVO 57.1 g	BACALAO SECO 160 g	ALMENDRA 160 g	SOYA 162.9 g
Si	11.5 mg	CEREALES EN GENERAL CONTIENEN ALREDEDOR 40mg DE Si/100g SE REQUIEREN APROXIMADAMENTE DE 50 g DE CEREALES.				
P	1000 mg	LEV. CERVEZA 26.3 g	LECHE POLVO 66.5 g	CACAO 76.4 g	VEJA HUEVO 86.2 g	SOYA 90.9 g
Se	0.125 mg	LEV. CERVEZA 70.6 g	APIZ 72.2 g	ACEITE SOYA 105.3 g	CARNE RES. 413.9 g	AVIAN 279 g
F	2.75 mg	TE 25.5 g	CANILLA SECA 53.9 g	CARNE POLLO 105.6 g	CARNE RES. 105.6 g	SAPONIN 148.5 g
Cl	3.4 g	SAL COMUN 2.8 g	HUEVO 850 g	SEBOS 1000 g	APIO 3705 g	HARINOS 1222 g
Br	10.9 mg	SAL COMUN 9 g	HUEVO 2720 g	SEBOS 3200 g	APIO 3705 g	HARINOS 3910 g

ELEMENTO	BOSIS DIARIA RECOMENDADA	ALIMENTOS Y CANTIDAD NECESARIA PARA OBTENER EL 50% DE LA BOSIS DIARIA RECOMENDADA				
I	0.150 mg	ARROZ 12.5 g	MAIZ 21.4 g	VEGETAL 37.5 g	BOBONATE 41.7 g	OTRO 57.7 g
V	0.20 mg	CEREALES EN GENERAL CONTIENEN ALREDEDOR DE 0.02mg de V/100g SE REDUCEN APROXIMADAMENTE 500 g DE CEREAL.				
D	0.125 mg	LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL PROPORCIONAN EL REQUERIMIENTO APROXIMADAMENTE CON 10 g.				
Nb	0.325 mg	TRIGO 40.6 g	CHICHARRO 46.8 g	SOYA 89.3 g	HIGAROS 101.5 g	ESPINACA 130 g
Nh	3.75 mg	HONDOS 11.7 g	TRIGO 13.7 g	CENTENO 28 g	AVENA 37.5 g	CHICHARRO 53.8 g
Fa	14 mg	HIGAROS 38.9 g	SOYA 38.3 g	FRIJOL 70 g	YERBA NUEVO 67.5 g	BEANS 100 g
Db	0.03 mg	HIGAROS 30 g	PESCAROS 75 g	NUEVO 88.2 g	QUESO 100 g	YERBEA 100 g
Ni	0.075 mg	SOYA 6.8 g	NUEZ 19.7 g	CHOCOLATE 30.8 g	TRIGO 30 g	CENTENO 32 g
Ca	2.5 mg	LANGOSTA 7.4 g	HIGAROS 7.8 g	APLO 11.4 g	CACAO 25.1 g	AVELLANA 36.2 g
Zn	15 mg	AVENA 108.6 g	LENTEJA 136.8 g	QUESO 182.9 g	CARNE RES 230.6 g	UMA PAGA 290 g

Tabla Periódica Cuántica

UNAM
1983

Barralé Ortega D.
De la Cruz Cuevas A.
Pantoja Taya F.

PERIODO QUÍMICO. Conjunto de elementos químicos cuya estructura electrónica externa es la misma, excepto en la letra de $s + f$.

FAMILIA QUÍMICA. Conjunto de elementos químicos cuya estructura electrónica externa es la misma.

Gases: \square
Líquidos: \square
Sólidos: \square

I PRINCIPAL	→ $l=3$													→ $l=2$					→ $l=1$			→ $l=0$	II ↓																																	
	$l=3$													$l=2$					$l=1$			$l=0$																																		
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3													-2 -1 0 +1 +2					-1 0 +1			0																																		
SECUNDARIO																																																								
III MAGNETICO																																																								
IV SPIN	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	f ₈	f ₉	f ₁₀	f ₁₁	f ₁₂	f ₁₃	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂	p ₁	p ₂	p ₃	s ₁	s ₂	s ₃	s ₄	s ₅	s ₆																						
ELECTRONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	1	2	3	4	5	6																							
I II III IV V VI VII VIII PERIÓDOS						①																														H	He																			
																																				Li	Be	B	C	N	O	F	Ne													
																																				Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar													
																																				K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
																																				Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
																																				Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
																																				Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
																																				Rf	Rg	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At
CLASIFICACION	(n-2) f													(n-1) d					np			ns																																		
FAMILIAS QUÍMICAS	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	6f	7s	7p	7d	7f	8s	8p	8d	8f	9s	9p	10s	10p	10d	10f	11s	11p	11d	11f	12s	12p																		
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns																		
	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	f'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	d'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'	p'																			
	Lantánidos y Actínidos													De Transición					Representativos																																					

* ELEMENTOS RADIOACTIVOS