



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster de Profesor en Educación Secundaria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas

PROPUESTA DIDÁCTICA SOBRE LOS ELEMENTOS MÉTALICOS EN LOS ALIMENTOS

Autora: Isabel Cañizo Alonso

Tutor: Dr. Luis Mariano Debán Miguel

Curso 2020/21

ÍNDICE

1.	RESUMEN/ABSTRACT.....	3
2.	CURRÍCULO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO.....	4
3.	OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....	7
4.	INTRODUCCIÓN.....	8
5.	METALES ALCALINOS.....	12
6.	METALES ALCALINOTÉRREOS.....	18
7.	METALES DE TRANSICIÓN.....	23
8.	OTROS METALES A NIVEL DE TRAZAS.....	29
9.	ELEMENTOS METÁLICOS TÓXICOS.....	31
10.	PROPUESTA DE ACTIVIDADES.....	34
11.	CONCLUSIONES.....	46
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	47

1. RESUMEN/ABSTRACT

RESUMEN

En este Trabajo Fin de Máster se estudia el vínculo entre los metales más importantes en el organismo y los alimentos. El objetivo es transmitir a los alumnos que la asignatura de Física y Química es fundamental para comprender nuestra relación y dependencia del mundo que nos rodea, en este caso a través del proceso de la nutrición. En primer lugar, se describen brevemente las principales características de los metales objeto de estudio: estado en la naturaleza, principales reacciones y relatos históricos acerca de su obtención y comercialización. Esta información se enlazará con los procesos bioquímicos trascendentales de los seres humanos. Finalmente, con el fin de afianzar todos estos conceptos, se proponen una serie de actividades didácticas que incluyen tanto actividades introductorias como específicas de cada metal descrito. Además de los conceptos nuevos, los alumnos deberán razonar y aplicar sus conocimientos químicos adquiridos a lo largo del curso actual y de cursos anteriores.

ABSTRACT

In this Master's Thesis, the link between the most important metals in the body and food is studied. The purpose is to convey to the students that the Physics and Chemistry course is essential to understand our relationship and dependence on the world around us, in this case through the process of nutrition. Firstly, the main characteristics of the metals under study are briefly described: state in nature, main reactions and historical accounts about their obtaining and commercialization. This information will be linked to the transcendental biochemical processes of human beings. Finally, in order to consolidate all these concepts, a series of didactic activities are proposed that include both introductory and specific activities for each metal described. In addition to new concepts, students will have to reason and apply their chemical knowledge acquired through the current course and previous course.

2. CURRÍCULO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO

El presente Trabajo Fin de Máster está enfocado para alumnos de 2º de Bachillerato de la modalidad de ciencias, principalmente para la asignatura de Química, aunque también puede utilizarse de forma transversal en Biología. En este nivel, sus conocimientos deben ser los suficientes para comprender todos los conceptos tratados, pues se han ido desarrollando a lo largo de los cursos de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y de Bachillerato (BACH). Por ello también el trabajo interacciona con otros conocimientos de: Biología y Geología, Física y Química y Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional.

En las Tablas 1-5 se describe para dichas asignaturas el curso en el que se imparten los distintos conceptos relacionados con el tema del trabajo y el bloque al que pertenecen. [1]

✚ QUÍMICA

Tabla 1: Contenidos de la asignatura de Química impartida en 2º BACH

CURSO	MODALIDAD	BLOQUE	CONTENIDOS
2º BACH	Ciencias. Troncal de opción	II. Origen y evolución de los componentes del Universo	Sistema periódico. Clasificación y propiedades de los elementos según su clasificación en la tabla periódica.
		III. Reacciones químicas	Equilibrio químico: ácido-base y redox. Ajuste de reacciones redox. Importancia a nivel industrial.
		IV. Síntesis orgánica y nuevos materiales	Estudio de funciones orgánicas. Funciones orgánicas de interés. Importancia de la Química del Carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar.

✚ FÍSICA Y QUÍMICA

Tabla 2: Contenidos de la asignatura de Física y Química en diferentes niveles

CURSO	MODALIDAD	BLOQUE	CONTENIDOS
2º ESO 3º ESO	Troncal general	II. La materia	Estados de agregación. Sustancias puras y mezclas. Estructura atómica. Elementos y compuestos de especial interés con aplicaciones industriales, tecnológicas y biomédicas.
		III. Los cambios	La reacción química

4º ESO	Troncal general	II. La materia	Sistema Periódico y configuración electrónica. Enlace químico. Introducción a la química orgánica.
		III. Los cambios	Reacciones y ecuaciones químicas. Reacciones de especial interés.
1º BACH	Ciencias. Troncal de opción	III. Reacciones químicas	Estequiometría de las reacciones. Reactivo limitante y rendimiento de una reacción. Química en industria.

CIENCIAS APLICADAS A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

Tabla 3: Contenidos de la asignatura de Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional impartida en 4º ESO

CURSO	MODALIDAD	BLOQUE	CONTENIDOS
4º ESO	Troncal de opción	I. Técnicas instrumentales básicas	Utilización de herramientas TIC para el trabajo experimental en física, química, biología y geología. Identificación de las biomoléculas que contienen los alimentos

BIOLOGÍA

Tabla 4: Contenidos de la asignatura de Biología impartida en 2º BACH

CURSO	MODALIDAD	BLOQUE	CONTENIDOS
2º BACH	Ciencias. Troncal de opción	I. La base molecular y fisicoquímica de la vida	Las moléculas orgánicas. Glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Vitaminas: concepto y clasificación

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

Tabla 5: Contenidos de la asignatura de Biología y Geología en diferentes niveles

CURSO	MODALIDAD	BLOQUE	CONTENIDOS
1º ESO 3º ESO		IV. Las personas y la salud. Promoción de la salud	Nutrición, alimentación y salud. Los nutrientes, los alimentos y los hábitos alimenticios saludables. Trastornos de la conducta alimentaria. La función de la nutrición

1º BACH		I. Los seres vivos: composición y función	Características de los seres vivos y los niveles de organización. Bioelementos y biomoléculas. Relación entre estructura y funciones biológicas de las biomoléculas
----------------	--	--	---

En la tabla 6 se muestra la organización de las asignaturas en Castilla y León para los cursos anteriormente mencionados.

Tabla 6. Organización de las asignaturas implicadas en el Trabajo. Fuente: [2] [3]

ASIGNATURA	TIPO
PRIMER CICLO ESO	
Física y Química	Troncal
Biología y Geología	Troncal
SEGUNDO CICLO ESO	
Física y Química	Troncal de opción
Biología y Geología	Troncal de opción
Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional	Troncal de opción
1º BACHILLERATO	
Física y Química	Troncal de opción
Biología y Geología	Troncal de opción
Cultura científica	Específica
2º BACHILLERATO	
Física	Troncal de opción
Química	Troncal de opción
Biología	Troncal de opción

3. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

Los objetivos que se pretenden lograr con la realización de este Trabajo de Fin de Máster son los siguientes:

- Conectar la vida cotidiana de los alumnos con la física y la química.
- Destacar la importancia de determinados metales presentes en los alimentos, vinculándolos a procesos bioquímicos, trascendentales en la salud de las personas.
- Diseñar actividades didácticas que relacionen los conocimientos adquiridos sobre dichos metales con su estado en la naturaleza, principales reacciones y relatos históricos vinculados a su obtención y al comercio.

El plan de trabajo que se ha seguido es el siguiente:

- I. Introducción sobre la relación entre la química y la alimentación, los metales en los alimentos y los metales en el cuerpo humano.
- II. Descripción de los elementos metálicos más importantes presentes en los alimentos.
- III. Diseño de actividades didácticas para trabajar los elementos metálicos descritos previamente.

4. INTRODUCCIÓN

4.1. RELACIÓN ENTRE LA QUÍMICA Y LA ALIMENTACIÓN

La química es parte de la vida cotidiana y se manifiesta, entre otras muchas aportaciones, por la presencia de elementos químicos en los alimentos, ya sea en su composición inicial o en ingredientes añadidos durante su procesamiento, es decir, lo que incluye su vida útil: obtención, cocinado, envasado almacenaje, etc., hasta su consumo.

La mayoría de los componentes químicos de los alimentos se conocen como nutrientes. Son fundamentales para mantener un buen estado de salud. Durante el desarrollo de las funciones vitales del organismo, se utilizan compuestos químicos como: agua, vitaminas, sales minerales, fibra, hidratos de carbono, grasas y proteínas. [4]

El estudio y seguimiento de las sustancias químicas que entran al organismo es muy importante, ya que además de comportarse como nutrientes, también pueden hacerlo como sustancias tóxicas.

En la industria alimentaria, durante el proceso de producción, se pueden añadir otras sustancias denominadas **aditivos**, que pueden ser de origen natural o de síntesis [5]. Los aditivos se clasifican según su función:

- Modifican las características físico-químicas: emulgentes, gelificantes, espesantes, antiapelmazantes, antiaglutinantes, antiespumantes, humectantes, reguladores de pH, etc.
- Modifican las características sensoriales: mejoran el aspecto y la sensorialidad de los alimentos mediante colorantes, edulcorantes, potenciadores del sabor, aromas, etc.
- Impiden las alteraciones químicas y biológicas: el objetivo es prolongar el buen estado del alimento y su duración mediante conservantes, antioxidantes, etc.

Es necesario indicar en la etiqueta de los ingredientes del producto los aditivos empleados según el código autorizado por la Unión Europea. Se especifica con una letra E (aprobado por la Unión Europea) y un número, para facilitar su identificación a los consumidores. [6]

- E100-199: colorantes
- E200-E299: conservantes
- E300-E399: antioxidantes y reguladores de la acidez
- E400-E499: estabilizantes
- E500-E599: reguladores del pH y agentes antigrumos
- E600-E699: potenciadores del sabor
- E900-E999: varios
- E1100-E1599: distintos colorantes y edulcorantes

Hasta no hace mucho tiempo, primeras décadas del siglo pasado, los alimentos no se podían conservar demasiado tiempo por lo que su consumo era estacional y rápido lo que implicaba que no se pudiera racionalizar bien la distribución de los alimentos. No obstante, se usaban y se usan, algunas técnicas como las salmueras, salazones y ahumados, pero estas técnicas pueden modificar el sabor y algunas otras propiedades.

Los **conservantes** químicos tienen por tanto una gran importancia en la industria alimentaria. Se clasifican en tres grupos:

- Antioxidantes: evitan la oxidación de los alimentos, es decir, su descomposición. Algunos de los más conocidos son la vitamina C y la vitamina E.
- Antimicrobianos: impiden el crecimiento del moho y eliminan bacterias.
- Agentes quelantes: dificultan la oxidación mediante su unión con los iones de metal. Algunos ejemplos son el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido cítrico o los polifosfatos.

En resumen, la aportación de la química en la alimentación constituye una de las más importantes contribuciones de la ciencia a la mejora de la calidad de vida. Sin las diversas aplicaciones de la química en la alimentación, no se hubiera podido multiplicar el rendimiento en la producción, proteger los productos de agentes nocivos ni mantener las propiedades nutritivas y, por tanto, no podrían atenderse las necesidades alimenticias del ser humano. [7]

4.2. METALES EN LOS ALIMENTOS

La mayor parte de los elementos que forman la tabla periódica son metales. Aproximadamente un 80% se encuentran formando parte de muchos compuestos en el medio ambiente y por ello es inevitable que aparezcan en la cadena alimentaria y se incorporen a nuestro organismo con diferentes funciones.

Por un lado, se encuentran aquellos que se necesitan a nivel de trazas, entre los cuales se encuentran algunos metales pesados. Son aquellos que poseen una masa elevada respecto a otros metales, además de una densidad alta (mayor de 4g/cm^3). Se suelen encontrar en el agua y en los alimentos en concentraciones que no son perjudiciales, aunque pueden presentar toxicidad si sus concentraciones son elevadas. Cuando se incorporan al organismo, parte se absorbe y el resto se elimina a través de la orina, etc. Los límites establecidos para la presencia de estos elementos en los alimentos vienen especificados en el Reglamento 1881/2006 del 19 de noviembre de 2006, donde también se incluyen los métodos de muestreo y las técnicas de análisis para su control. [8].

Por otro lado, existen otros metales que se necesitan en cantidades mayores como Na, Ca, K, Mg y Fe. La presencia de estos metales se detecta tanto en productos vegetales: legumbres, hortalizas, frutas, etc; como en animales: carne, leche, queso, huevos, etc.

4.3. METALES EN EL CUERPO HUMANO

Los elementos básicos que forman aminoácidos, proteínas, grasas y azúcares son cuatro: C, H, O y N. Sin embargo, son imprescindibles otros elementos para el buen funcionamiento del cuerpo humano, entre ellos algunos elementos metálicos en mayor o menor proporción.

Entre los primeros, se encuentran los siguientes: el calcio (Ca) formando parte de la composición de huesos y dientes; el potasio (K) y sodio (Na) participando en la transmisión del impulso nervioso; el magnesio (Mg) que también se encuentra en los huesos y participa en la transmisión del impulso nervioso y en la síntesis de proteínas; el hierro (Fe), asociado a la producción de hemoglobina y fundamental en el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia las distintas partes del cuerpo.

Por lo tanto, Ca, K, Na, Mg y Fe son considerados elementos imprescindibles para la correcta nutrición. Sin embargo, como anteriormente se ha indicado, la presencia de otros elementos a nivel de trazas, también tienen su función en las vías metabólicas que regulan el organismo. En total, el número de elementos necesarios es de 28.

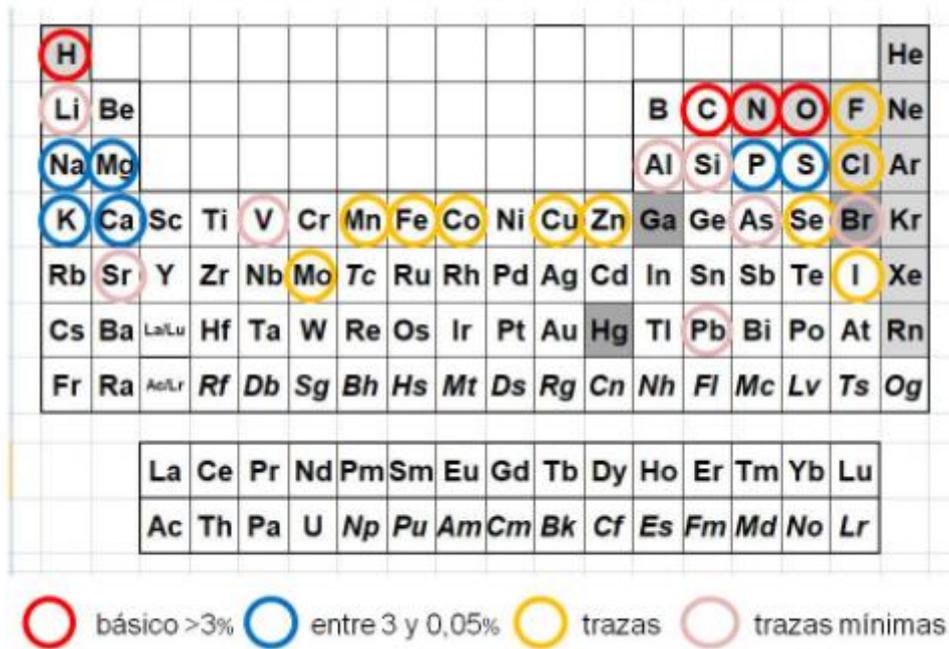


Figura 1. Los elementos del cuerpo humano. Fuente: [9]

Adquiridos a través de la dieta, los metales cumplen importantes funciones en el cuerpo humano, normalmente llegan al torrente sanguíneo unidos a proteínas o péptidos [9], son absorbidos en el intestino y se distribuyen por los diferentes órganos del cuerpo mediante proteínas transportadoras que, además controlan su absorción, así por ejemplo, cuando hay déficit de hierro el organismo carece de los suficientes glóbulos rojos para transportar un nivel adecuado de oxígeno a los tejidos del cuerpo, originando lo que se conoce como anemia [10].

Otros metales son también esenciales, aproximadamente un 33% de las proteínas son metaloproteínas o metaloenzimas [11], así por ejemplo, el cerebro necesita metaloenzimas especializadas en la catálisis de reacciones en el metabolismo de los neurotransmisores específicos, por ejemplo, la relación entre la dopamina y el cobre.

En este Trabajo se van a plantear una serie de actividades docentes vinculadas a los metales, para lo cual se va a hacer referencia principalmente a algunos de los que presentan mayor incidencia en la salud de las personas, bien por la necesidad de incorporarlos al organismo a través de los alimentos o por su carácter tóxico. La mayoría de los cuales son conocidos por los alumnos bien a través de medios divulgativos o por bibliografía más especializada. El estudio comenzará por los alcalinos y continuará con otros elementos de la tabla periódica.

Durante la exposición de la materia se informará, de forma análoga a cómo se va a realizar durante las sesiones docentes, de las características de los elementos, relacionando transversalmente la exposición con aportaciones dentro de los diferentes campos: su presencia en la naturaleza, su constatación a través de la historia y su interés e importancia en el organismo humano.

5. METALES ALCALINOS

5.1. SODIO

Su símbolo es Na y su número atómico es 11. Ocupa el sexto lugar en abundancia en los elementos de la corteza terrestre. También es uno de los elementos más abundantes en disolución en el agua de mar. [12]

HISTORIA

La palabra “sodio” proviene de la “sosa”. La sosa es el nombre común del hidróxido sódico (NaOH), compuesto a partir del cual fue obtenido el sodio por primera vez por Humprey Davy en 1807. Lo obtuvo por electrólisis de sosa en ausencia de agua. Su símbolo químico procede del latín “*natrium*” que significa “nitrato de sodio”. [13]

Desde la antigüedad la sal ha sido fundamental para el ser humano. Muchas poblaciones se asentaban cerca de los depósitos de sal para poder controlar su comercio. En el siglo XVII a.C. en China ya se tiene constancia de su uso. En Europa, durante el Imperio Romano, se crearon unas rutas para la distribución de la sal. Su importancia fue tal que incluso se ha llegado a usar como divisa para pagar a los trabajadores. La palabra “salario” proviene del latín “*salarium*” que proviene de “sal”. En la Europa medieval ya se utilizaba un compuesto de sodio llamado “*sodanum*” como remedio para la migraña. [14]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Se trata de un metal alcalino de color plateado brillante. Es muy ligero y liviano.



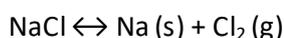
Figura 2. Sodio metálico. Fuente: [15]

De igual forma que otros metales alcalinos, reacciona violentamente con agua liberando hidrógeno, es por esto por lo que no se encuentra en estado puro en la naturaleza. Entre las principales sales que se encuentran en la naturaleza están: cloruro sódico (NaCl), carbonato de sodio (NaCO₃), borato de sodio o bórax (B₄O₇Na₂), nitrato de sodio (NaNO₃) y sulfato de sodio (Na₂SO₄). [12]

REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

Electrólisis de cloruro sódico (NaCl) seco fundido.



En las celdas electroquímicas una reacción química puede dar lugar a la transformación de la energía química en eléctrica, generando una corriente eléctrica, pero también es

posible realizar el proceso inverso: a partir de una corriente eléctrica producir una reacción química. Para realizar este proceso, se hace pasar una corriente eléctrica continua a través de una disolución acuosa de un electrolito o de una sal fundida. Esta corriente eléctrica hace que en los electrodos (cátodo y ánodo) se produzcan las reacciones de reducción y oxidación (redox). Este proceso se denomina electrolisis.

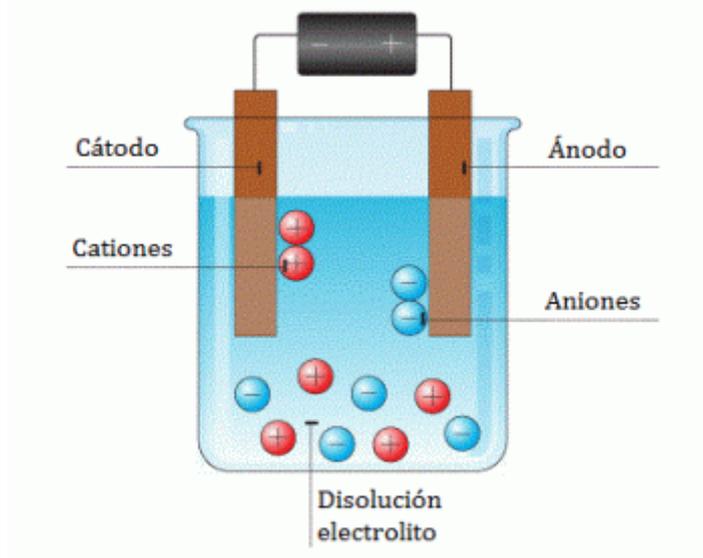


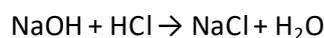
Figura 3. Celda electroquímica. Fuente: [16]

Las semirreacciones que tienen lugar son:

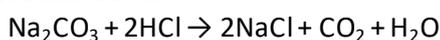


- **Reacción ácido base**

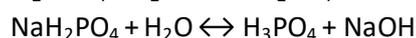
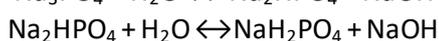
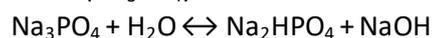
- a) Como resultado de la neutralización de ácido clorhídrico (HCl), que es fuerte, con la base hidróxido sódico, que también es fuerte, se obtiene la sal cloruro de sodio (NaCl) y agua.



- b) Reacción del carbonato de sodio (básico) con ácido clorhídrico (ácido). Se trata por tanto de una reacción ácido-base.

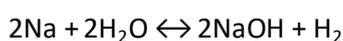


- c) Reacciones del fosfato de sodio (Na_3PO_4):



- **Otras reacciones**

- a) Reacción oxidación-reducción del sodio con agua para formar hidróxido de sodio (NaOH) e hidrógeno (H_2).



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

Son muy variados los alimentos con contenido en sodio, tanto por su presencia natural en los mismos como por su inclusión durante el proceso de elaboración, como, por ejemplo, la salazón. La sal se utiliza como un método tradicional de conservación de los alimentos, un ejemplo es el uso de sal marina en los secaderos de jamones, se trata de una práctica que se realiza desde la antigüedad. Mediante la adición de sal, se elimina la humedad y permite la conservación del producto dado que frena el crecimiento de microorganismos, por ello alimentos con un alto contenido en sodio están relacionados con conservas de carne y pescado. [17]

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El sodio es importante en el cuerpo humano para mantener un equilibrio hídrico adecuado dentro y fuera de las células (homeostasis). También es necesario para el correcto funcionamiento de los músculos y de los nervios.

El cuerpo de una persona adulta contiene aproximadamente un 0.15% de sodio respecto al peso [18]. El exceso de sodio en el cuerpo humano puede provocar daños en los riñones y aumentar el riesgo de padecer hipertensión. La tensión arterial sube debido a que los vasos sanguíneos están más comprimidos y el corazón necesita hacer un mayor esfuerzo para bombear la sangre. Por el contrario, una baja concentración de sodio puede dar lugar a hiponatremia, lo que provoca que las células se hinchen y derive en distintos problemas de salud desde leves hasta graves. La OMS recomienda no exceder de 5 gramos de sal cada día, sin embargo, el consumo medio diario en España es casi el doble. [19]

5.2. POTASIO

Su símbolo es K y su número atómico es 19. Es uno de los diez elementos más abundantes de la corteza terrestre. Al igual que el sodio, abunda en aquellos compuestos relacionados con el agua salada y otros minerales. [20]

HISTORIA

Su nombre proviene del neerlandés “*pott*” y “*asche*” que significa cenizas (*ashes*) de vegetal. Fue Humprey Davy quien lo descubrió en 1807. Para ello, realizó una electrólisis del hidróxido de potasio seco y fundido. Fue el primer metal que se aisló con esta técnica.

Durante muchos años se confundió el hidróxido sódico (NaOH), que procedía de las cenizas de las plantas marinas, con el hidróxido potásico (KOH) que se obtenía de las cenizas de las plantas terrestres. Su símbolo se obtuvo de la primera letra de “*kalium*” que es una palabra latina. [21]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Se trata de un metal alcalino ligero y blando, de color blanco-plateado brillante. Su comportamiento en forma metálica es similar al sodio, aunque es ligeramente más reactivo que el sodio.



Figura 4. Potasio metálico. Fuente: [22]

REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

El principal método de obtención es la reducción de cloruro de potasio fundido (KCl) con sodio metálico. Se realiza en estado vapor a una temperatura de 870°C.

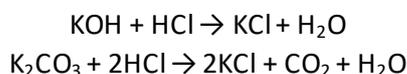


En esta sal, el potasio puede reducirse por medio de una reacción con sodio metálico, aunque el potasio sea más electropositivo que el sodio, ya que durante el procedimiento se realiza la destilación del potasio.

- **Reacción ácido base**

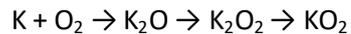
De igual forma que con el compuesto análogo de sodio:

La potasa o hidróxido potásico y otras bases reacciona con HCl para dar una sal, que es cloruro de potasio y otros subproductos.

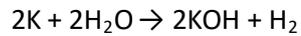


- **Otras reacciones**

- a) Reacciona vigorosamente con el oxígeno del aire formando monóxido de potasio (K_2O), y peróxido de potasio (K_2O_2) y superóxido de potasio (KO_2) si hay exceso de oxígeno. [20]



- b) También reacciona de forma violenta con el agua dando lugar a hidróxido de potasio:



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

El potasio se encuentra en alimentos como la fruta (plátanos, uvas y moras), los vegetales (espinacas y zanahorias), la carne, la leche, el pan o los frutos secos. Al igual que las sales de sodio, las sales de potasio también se utilizan, aunque menos, para la salazón de alimentos. Actualmente algunos alimentos se hacen bajos en sodio, pero se contrarresta con sal de potasio, lo que lo hace más caro dada su menor abundancia respecto al sodio. [18]

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El potasio tiene funciones en el cuerpo humano en el control de los sistemas de fluidos físicos y en el sistema nervioso. Ayuda a contrarrestar la cantidad de sodio que puede ser nociva para la presión arterial.

La cantidad de potasio que se recomienda consumir son 3,5g diarios. El cuerpo de un adulto contiene aproximadamente un 0.2% de potasio respecto al peso. Una acumulación de potasio puede dar lugar a fallos en el funcionamiento de los riñones que, a su vez, pueden provocar una alteración en el ritmo cardíaco [20]. El potasio es importante para los deportistas. Durante la realización de actividad física se pierden electrolitos a través de la transpiración, lo cual produce pérdidas de potasio originando calambres musculares.

BOMBA SODIO-POTASIO

La bomba de sodio-potasio (Na^+/K^+) tiene como función desplazar el sodio que está en el interior de las células al compartimento extracelular. También el potasio que está en dicho compartimento extracelular vuelve al interior de las células. Para llevar a cabo este proceso, utiliza como fuente de energía trifosfato de adenosina (ATP). La concentración de sodio en el interior de las células es aproximadamente 14 veces menor que en el exterior (medio extracelular), mientras que la de potasio es 30 veces menor en el exterior que en el interior.

Estas partículas de sodio osmóticamente activas no deben acumularse en el interior de las células ya que pueden dar lugar a un edema intracelular debido a la posterior entrada de agua. La bomba de Na^+/K^+ es la encargada de evitarlo.

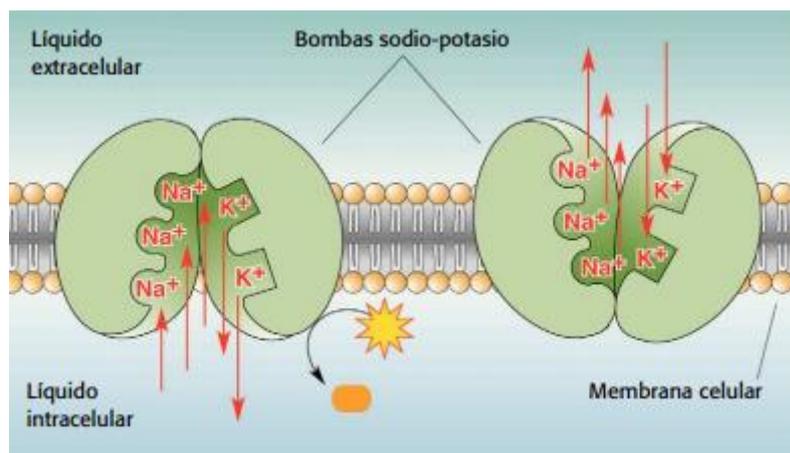


Figura 5. Funcionamiento de la bomba de Na^+/K^+ . Fuente: [23]

6. METALES ALCALINOTÉRREOS

6.1. MAGNESIO

Su símbolo atómico es Mg y su número atómico es 12. Es de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y en el agua del mar.

HISTORIA

Su nombre viene del griego "*Magnesia*", distrito de la región de Tesalia (Grecia) en el cual fue encontrado el óxido de magnesio (MgO).

En el siglo XVII un granjero de Epsom (Inglaterra) comprobó que el agua curaba las heridas y erupciones de la piel. Esta agua contenía las llamadas "sales de Epsom", que adquirieron gran fama que se extendió rápidamente. Esta sal era sulfato de magnesio (MgSO₄). No obstante, ya se había empleado con anterioridad con esta finalidad.

En el año 1755, J. Black afirmó que el magnesio era un elemento. No obstante, no fue hasta 1808 cuando Humprey Davy lo obtuvo a partir de magnesia (óxido de magnesio) y mercurio. [24]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Es un metal alcalinotérreo de color plateado brillante. Es liviano. Está protegido por una fina capa de óxido.



Figura 6. Magnesio metálico. Fuente: [25]

Es altamente inflamable cuando se encuentra como virutas o polvo. Cuando arde, forma una llama blanca muy intensa. [26] [27]

Esta propiedad se utilizaba como iluminación en las fotos antiguas. La fabricación de los primeros flashes data del año 1864 y consistía en una mezcla de magnesio y clorato potásico (KClO₃). Se provocaba de forma manual la ignición. No obstante, su uso era peligroso debido a su carácter explosivo.

En el año 1930 surgió un sustituto al polvo de magnesio que fueron los flashes de bombilla. Estas bombillas, que eran de un solo uso, contenían un filamento de magnesio en una atmósfera de oxígeno. En este caso, la ignición se provocaba eléctricamente accionando el obturador de la cámara. Para evitar que explotase, la presión del oxígeno en el interior debía ser inferior a 1 atm. [28]

No obstante, el magnesio se encuentra en la naturaleza formando distintos compuestos y no como metal en estado libre. La mayoría de estos compuestos son sales y óxidos. [29]

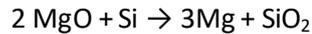
REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

Electrólisis de las sales de magnesio. Se usa cloruro de magnesio (MgCl₂) principalmente. Su proceso sería análogo al indicado para el NaCl.

- **Otros métodos de obtención**

Se reduce el óxido de magnesio con ferrosilicio (aleación de hierro y silicio) en vacío y a 1150°C. El silicio reduce el MgO.



- **Reacciones metabólicas**

El magnesio participa en más de 300 reacciones metabólicas como: síntesis y utilización de compuestos ricos en energía; síntesis de transportadores de protones y electrones; síntesis y actividad de numerosas enzimas; y elemento estabilizador de la membrana celular.

- **Reacción de combustión**

Cuando se calienta magnesio en presencia de oxígeno, se produce una reacción muy exotérmica y rápida que emite gran cantidad de energía lumínica.



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

El magnesio se encuentra de forma natural en legumbres, nueces, semillas, cereales integrales, hortalizas de hojas verdes y en productos lácteos [30].

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El magnesio es importante para muchos procesos del cuerpo humano: regula la función de los músculos y el sistema nervioso, los niveles de azúcar en sangre, la presión sanguínea, la masa ósea y el ADN e interviene en la formación de proteína [30].

La cantidad de magnesio diaria recomendada es de 0,3-0,4g. El cuerpo de un adulto contiene aproximadamente un 0.05% de magnesio respecto a su peso [18]. Alguno de los problemas del cuerpo humano derivados de la falta de magnesio son presión arterial alta, enfermedad cardíaca y migrañas. Por el contrario, una ingesta excesiva de magnesio puede provocar efectos adversos.

6.2. CALCIO

Su símbolo atómico es Ca y su número atómico es 20. Es uno de los elementos más abundantes y sus compuestos constituyen aproximadamente un 4% de la corteza terrestre.

HISTORIA

La cal (óxido de calcio, CaO) ya era usada por los romanos en sus morteros de construcción. La obtenían de una forma similar a como se hace actualmente: quemando caliza. La palabra "calcio" deriva de "calx" en latín que significa "cal".

La calcita (CaCO₃) y la dolomita [CaMg(CO₃)₂] son carbonatos de calcio que se conocen desde la antigüedad.

Sin embargo, fue el británico Humphry Davy quien preparó por primera vez el calcio en Londres en 1808. Lo obtuvo al realizar la electrólisis de una mezcla de cal con óxido de mercurio. [31]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Es un metal alcalinotérreo de color blanco plateado brillante, dúctil y maleable. Es más duro que el sodio, pero menos que el aluminio. Reacciona de forma violenta con agua en su estado metálico para formar hidróxido de calcio, Ca(OH)₂. [32]



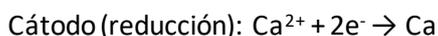
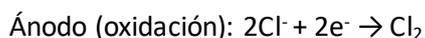
Figura 7. Calcita blanca. Fuente: [32]

En la naturaleza no se encuentra en estado puro, sino que forma minerales como la calcita blanca o la aragonita, que son dos formas cristalinas del CaCO₃ [33]. Es muy importante la minería del yeso (CaSO₄·1/2H₂O), concretamente en la provincia de Valladolid, hay localidades en las que esta actividad ha tenido gran importancia: Tudela de Duero, Quintanilla de Arriba, Alcazarén, Íscar, Camporredondo, Cabezón de Pisuerga, Piña de Esgueva, Villavaquerín y Portillo entre otras. En algunas como Portillo, esta actividad se ha estado desarrollando hasta los años 60 del siglo XX. [34]

REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

Electrólisis de cloruro cálcico fundido: se añaden fundentes como fluoruro cálcico y cloruro potásico a la sal para disminuir su punto de fusión a 790 °C. [31]



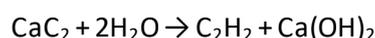
- **Reacción ácido base**

Reacción del carbonato de calcio (CaCO_3) que es una base, con el ácido clorhídrico.



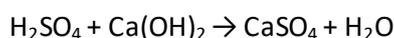
- **Producción de acetileno**

El acetileno, un gas de gran importancia industrial, se obtiene a partir del carburo de calcio y agua. Como subproducto se obtiene hidróxido de calcio, Ca(OH)_2 . En la industria el acetileno se usa principalmente para soldar (soldadura oxiacetilénica).



- **Formación de sulfato de calcio**

Si se mezcla hidróxido de calcio, Ca(OH)_2 , con ácido sulfúrico, H_2SO_4 , se obtiene sulfato de calcio (CaSO_4), que es una oxosal, y agua. El yeso, ampliamente usado en construcción, es esta oxosal dihidratada ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



- **Hipoclorito de calcio**

El hipoclorito de calcio, Ca(ClO)_2 , es un agente blanqueador y purificador de agua. También posee funciones similares el hipoclorito de sodio, NaClO , comúnmente conocido como lejía.

INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

Las principales fuentes de calcio son los productos lácteos. También se puede encontrar en fuentes de origen vegetal como las espinacas, el brocoli, la col, la coliflor, las lentejas y las nueces [33]. Durante el proceso de panificación se puede añadir sulfato de calcio a la harina, para convertir la masa pegajosa en una más firme y manejable.

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

De los minerales que forman parte del organismo, el calcio es uno de los elementos más abundantes e importantes. Es muy importante la concentración de cationes Ca^{2+} en las células, ya que interviene en la coagulación de la sangre, en la transmisión del impulso nervioso, en la regulación de los latidos cardiacos y en la contracción muscular. Además, tiene una función estructural ya que se encuentra en los huesos y en los dientes. También está implicado en la regulación de algunas enzimas. [31]

La cantidad de calcio diaria necesaria es de aproximadamente 1g. El cuerpo de un adulto contiene aproximadamente un 1.5% de calcio respecto al peso [18]. La falta de calcio es una de las causas de la osteoporosis, que se trata de una enfermedad que se manifiesta en la

fragilidad de los huesos. El exceso de calcio también puede causar dolor en los huesos y debilidad muscular.

El magnesio y el calcio actúan de forma conjunta para dar lugar a la masa ósea. La proporción en la que deben combinarse es de dos de calcio por cada unidad de magnesio. [33]

7. METALES DE TRANSICIÓN

7.1. HIERRO

Su símbolo es Fe y su número atómico 26. Es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. El núcleo de la tierra está formado en su mayoría por hierro.

HISTORIA

Gracias a las evidencias arqueológicas, se conoce que el ser humano lleva utilizando el hierro aproximadamente 5000 años. Se sabe que los primeros en usarlo, en la elaboración de armas, fueron Hititas, posteriormente se propaga su uso a pueblos como sumerios y egipcios. Cabe destacar que posee su propio periodo, la Edad del Hierro, que tuvo lugar en diferentes fechas dependiendo del lugar. [35]

Su nombre proviene del latín “*ferrum*” y el símbolo deriva de las dos primeras letras de dicha palabra. [36]

ESTADO EN LA NATURALEZA

El hierro no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino que forma parte de distintos minerales. En la Figura 8 se muestran los más utilizados en la actualidad para la obtención de hierro metálico.

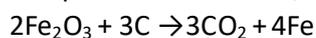


Figura 8. Hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), limonita ($\text{FeO}\cdot\text{OH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$) y siderita (FeCO_3). Fuente: [37]

REACCIONES IMPORTANTES

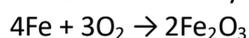
- **Obtención**

Actualmente, la industria del hierro se basa en altos hornos donde se reducen los minerales de hierro con carbón a temperaturas elevadas, dando lugar al hierro fundido.



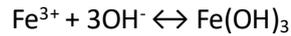
- **Oxidación del hierro**

Es una reacción redox, donde el hierro se oxida a Fe^{3+} y el oxígeno se reduce a O^{2-} .

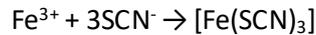


- **Otras reacciones**

a) Precipitación del hierro como hidróxido de hierro (III) a pH básico.



b) Reacción del hierro con sulfocianuro. El complejo formado es de color rojo, por lo que este ensayo sirve para detectar la presencia de Fe^{3+} en una disolución.



- **Relación con el organismo: metabolismo del hierro**

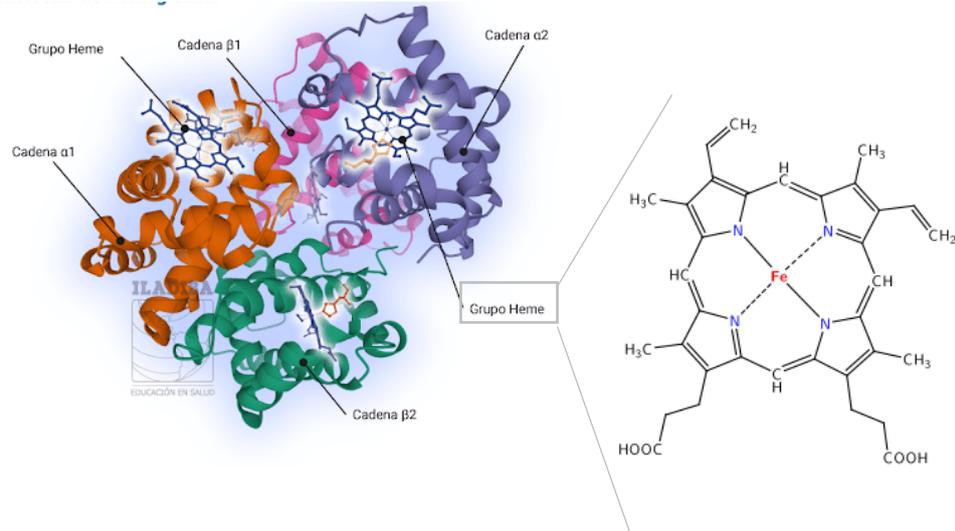


Figura 9. Estructura de la hemoglobina y del grupo hemo. Fuente: [38]

El cuerpo humano usa el hierro para formar la hemoglobina que es una proteína de los glóbulos rojos encargada de transportar oxígeno desde los pulmones hacia diferentes partes del cuerpo. Además, produce mioglobina que transporta el oxígeno a los músculos. También se emplea en la producción de hormonas y tejidos conectivos. [36] [39]

La falta de hierro provoca fatiga, palpitaciones y anemia.

INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

Forma parte de huevos, carne, verduras, patatas, legumbres, etc. El organismo humano absorbe el hierro más rápido cuando ingiere productos de origen animal que cuando lo hace a partir de los de origen vegetal.

Esto se debe a que en todas las carnes el hierro es hémico o hemo (forma parte de la hemoglobina) lo que facilita su absorción frente al no hemo de origen vegetal [40]. La cantidad de hierro a ingerir diariamente varía de hombres a mujeres, entre 8 y 18 mg/día. El cuerpo de un adulto debe contener aproximadamente un 0.006% de hierro. [18]

7.2. COBRE

Su símbolo es Cu y su número atómico 29. Su abundancia en la corteza terrestre es muy baja en estado puro.

HISTORIA

El cobre se lleva usando aproximadamente 11.000 años. Su nombre proviene del latín “*cuprum*” que es el nombre de la isla de Chipre donde se encontraban los yacimientos que los romanos explotaban. No obstante, ya era conocido en la Prehistoria siendo el cobre uno de los primeros metales utilizados, lo que dio lugar a la Edad del Cobre. Los primeros métodos que se usaron para refinar cobre a partir de sus minerales se llevaron a cabo hace 5.000 años aproximadamente. [41] [42]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Es un metal de transición que puede encontrarse en estado puro en la naturaleza o formando parte de minerales. Los principales minerales son: calcopirita (CuFeS_2), azurita ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) y cuprita (Cu_2O). En estado puro es un metal muy blando, dúctil y maleable. Es por esto por lo que la mayoría de las aplicaciones implican la previa formación de aleaciones. Su color es rojizo anaranjado (cobrizo) con brillo metálico. [43]

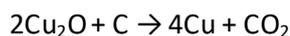


Figura 10. Cobre puro. Fuente: [44]

REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

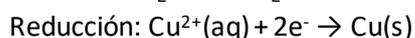
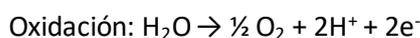
El cobre se obtiene en bruto en un 94-97% por concentración, tostación y fusión en hornos eléctricos. Mediante este proceso se purifica al 99% por afino con aditivos que dan lugar a escorias con níquel y hierro. El óxido de cobre (I), Cu_2O , se reduce con carbón.



Finalmente se realiza el afino electrolítico. [41]

- **Electrolisis**

Se realiza sobre una disolución de CuSO_4 sobre un cátodo de cobre y un ánodo de platino.



- **Sangre azul**

La hemocianina es una proteína rica en cobre que en contacto con oxígeno se torna de color azul. Está presente en algunos crustáceos, arácnidos y moluscos. Su función es similar a la de la hemoglobina, pero no tan eficiente.

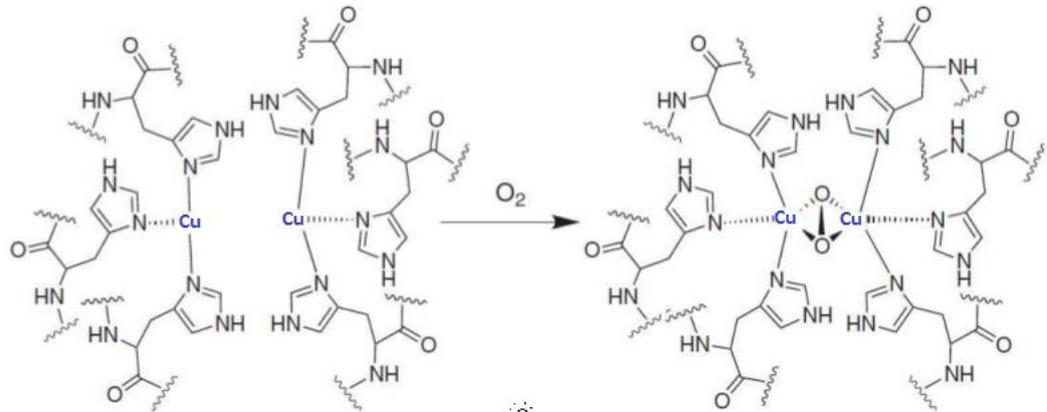


Figura 11. Reacción de la hemoglobina con oxígeno.

Los cangrejos herradura del Atlántico tienen más en común con los arácnidos que con los crustáceos. Este tipo de artrópodos es ampliamente utilizado para fines médicos. Científicos de la Universidad Johns Hopkins (Baltimore, Maryland), estudiaron las características de la sangre de estos cangrejos y diseñaron una prueba para detectar endotoxinas bacterianas. [45]

INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

El cobre se puede encontrar en muchos alimentos además del agua y del aire, por lo que las cantidades que se ingieren cada día son significativas. Algunos alimentos altos en cobre son el marisco, los granos enteros, las nueces, las vísceras (hígado y riñones) y las legumbres.

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El cobre se encuentra en el hígado, el cerebro, los riñones y el corazón en concentraciones altas [39]. Junto con el hierro, participan en la formación de glóbulos rojos. También fomenta la correcta absorción del hierro. Además, ayuda a mantener en buen estado de salud el sistema inmunitario, los vasos sanguíneos y los huesos. [46]

La cantidad de cobre diaria recomendada en adultos es de unos 900mg. El cuerpo de un adulto contiene aproximadamente un 0.00014% de cobre respecto al peso [18]. Niveles anómalos de cobre en el cuerpo humano pueden provocar enfermedades como anemia, hemocromatosis, cirrosis, atrofia amarilla del hígado, tuberculosis, carcinoma y degeneración hepatolenticular. [39]

7.3. ZINC

Su símbolo es Zn y su número atómico 30. Entra dentro de los 30 elementos más abundantes de la corteza terrestre.

HISTORIA

Es conocido desde la antigüedad. Su nombre proviene del alemán “zink” que es el nombre con el que se llamaba a uno de los metales que forman parte del latón (aleación de cobre y zinc) y también de “zinke” que significa punta aguada, que es la forma que adopta cuando se deposita en los altos hornos. [47]

Se han encontrado aleaciones de cinc y otros elementos metálicos en diferentes yacimientos arqueológicos en Palestina entre el 1400-1000 a.C. La fabricación de latón era conocida por los romanos Plinio y Dioscórides describen la obtención de este. Hay referencias del siglo XV de la obtención de zinc metálico en la India, a partir de calamina (carbonato de zinc, $ZnCO_3$). Andreas Marggrafs lo redescubrió en Europa en 1746 por reducción de calamina con carbón. [48]

La común expresión “No hay tu tía” deriva de “no hay tutía” que se refiere al óxido de zinc (ZnO) que quedaba en los hornos tras fundir el latón (aleación de zinc y cobre). La antigua medicina árabe utilizaba este hollín de ZnO para preparar un ungüento medicinal llamado “*attutíyya*” cuya función principal era curar enfermedades oculares. Con el paso del tiempo, la palabra se redujo a “tutía”. La falta de este medicamento ha dado lugar a la expresión “no hay tutía”. [49] [50]

ESTADO EN LA NATURALEZA

El zinc no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino que está formando minerales. El zinc puro es un metal de transición de color blanco azulado. En presencia de humedad se forma una capa de óxido que lo protege de la corrosión.



Figura 12. Zinc metálico. Fuente: [51]

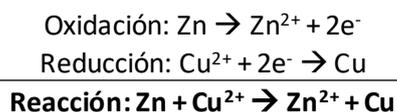
REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

En la actualidad se obtiene por concentración de los minerales y posterior tostación. Da lugar al óxido que se reduce con carbono. Finalmente, se destila o se llevan a cabo procedimientos electrolíticos. [47]

- **Pila Daniell**

Se trata de una pila que aprovecha la energía de la reacción redox del zinc metálico con el Cu^{2+} . Transforma esta energía en energía eléctrica.



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

El zinc se encuentra de forma natural en alimentos como las ostras, carnes rojas, carnes de ave, mariscos como el cangrejo o la langosta, frijoles, frutos secos, cereales integrales y algunos productos lácteos [39].

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El agua y muchos alimentos contienen cierta concentración de zinc. Es un oligoelemento importante para la salud humana. Participa en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos e interviene en el buen funcionamiento del sistema inmunitario. [51]

La cantidad de zinc diaria recomendada es de 8-11mg [52]. La falta de zinc en el cuerpo humano provoca la pérdida de apetito, reparación lenta de heridas y disminución del sentido del olfato y del tacto. Por el contrario, un exceso de zinc da lugar a irritaciones en la piel, vómitos, anemia, mareos, problemas en el páncreas, alteraciones en el metabolismo de las proteínas y arteriosclerosis. [48]

8. OTROS METALES A NIVEL DE TRAZAS

8.1. SELENIO

Su símbolo es Se y su número atómico 34. Está ampliamente repartido en la corteza terrestre y constituye aproximadamente un $7 \cdot 10^{-5}$ %. [53]

HISTORIA

Fue Jöns Berzelius en 1817 en Suecia, quien se encontró una impureza mientras trabajaba con muestras de ácido sulfúrico. Inicialmente pensó que se trataba de telurio, pero al aislarlo demostró ser un nuevo elemento con propiedades similares al telurio. Este metal fue llamado selenio.

Su nombre viene de la palabra griega “*selene*” que significa “luna”. Dadas sus similitudes con el telurio y que éste se había llamado así por la tierra, al selenio se le dio el nombre de luna. [54]

ESTADO EN LA NATURALEZA

Es un calcógeno o anfígeno de color gris metálico.



Figura 13. Selenio metálico. Fuente: [55]

Se encuentra asociado con azufre elemental y en forma de seleniuros formando compuestos con otros elementos pesados. La principal fuente de obtención de selenio proveniente de los minerales son los compuestos con cobre. [54]

Reacciona directamente tanto con metales como con no metales, como el hidrógeno y los halógenos. [53]

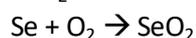
REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

Actualmente, se obtiene durante el proceso de refinado del cobre y de la plata, en el ánodo de la celda electrolítica. Se recupera por tostación de los lodos anódicos (se forma el dióxido de selenio) que reaccionan con dióxido de azufre (SO_2) y da lugar al selenio. [54]

- **Reacción con aire**

Cuando reacciona el selenio con aire, se produce una reacción vigorosa que desprende calor, obteniéndose óxido de selenio, SeO_2 .



- **Reacción con ácidos**

El selenio, reacciona con ácido nítrico (HNO₃), formando ácido selenioso (H₂SeO₃).



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

El selenio se encuentra de forma natural en los cereales y sus derivados, en el marisco, en la carne de ave, los huevos y otros productos lácteos.

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

El selenio se utiliza para producir la hormona T3 en la glándula tiroides. También presenta funciones importantes en la la producción de ADN y en la protección frente a los radicales libres [39]. Se recomienda, en adultos, ingerir unos 55 µg. diarios [56].

9. ELEMENTOS METÁLICOS TÓXICOS

9.1. MERCURIO

Su símbolo es Hg y su número atómico 80. El mercurio se encuentra en la naturaleza en diferentes tipos de minerales, entre ellos el cinabrio (sulfuro de mercurio), óxido de mercurio, etc.

HISTORIA

Se conoce desde la antigüedad. El nombre que se le asignó fue el del Dios Mercurio, “alado e inquieto mensajero”, debido a su gran fluidez y movilidad. El símbolo viene del latín “*hydragyrum*” que significa “plata líquida” dado el aspecto del metal a temperatura ambiente. [57]

Hay referencias de su uso, principalmente en formato de cremas y cosméticos con acción anti-manchas por diferentes culturas: china e hindú (2000 a.C.); egipcios (1500 a.C.); griegos y romanos (500 a.C.). No obstante, se demostró que los derivados del mercurio, hasta en pequeñas trazas, eran tóxicos ya que son absorbidos por la piel y se acumulan en los riñones y en el sistema nervioso.

ESTADO EN LA NATURALEZA

Es el único metal que se encuentra en estado líquido en la naturaleza, aunque apenas se encuentra en estado puro, sino que se obtiene a partir de minerales.

Es un metal de transición de color plateado y pesado. [58]

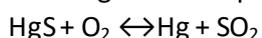


Figura 14. Mercurio puro. Fuente: [59]

REACCIONES IMPORTANTES

- **Obtención**

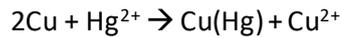
Se obtiene por trituración del mineral cinabrio (sulfuro de mercurio) y, posteriormente, se calienta en un horno a una temperatura de 700 °C en una corriente de aire. Finalmente, el vapor se condensa y es recogido en recipientes hechos de hierro. [57]



- **Otras reacciones**

Si se añade una gota de disolución de Hg^{2+} sobre cobre metálico, se produce una amalgama del mercurio sobre el cobre.

Como ejemplo práctico, si sobre una moneda de cobre se añade Hg^{2+} se “platea”. Esta reacción sirve para reconocer si en una disolución está presente el Hg^{2+} .



- **Ciclo del mercurio en la biosfera**

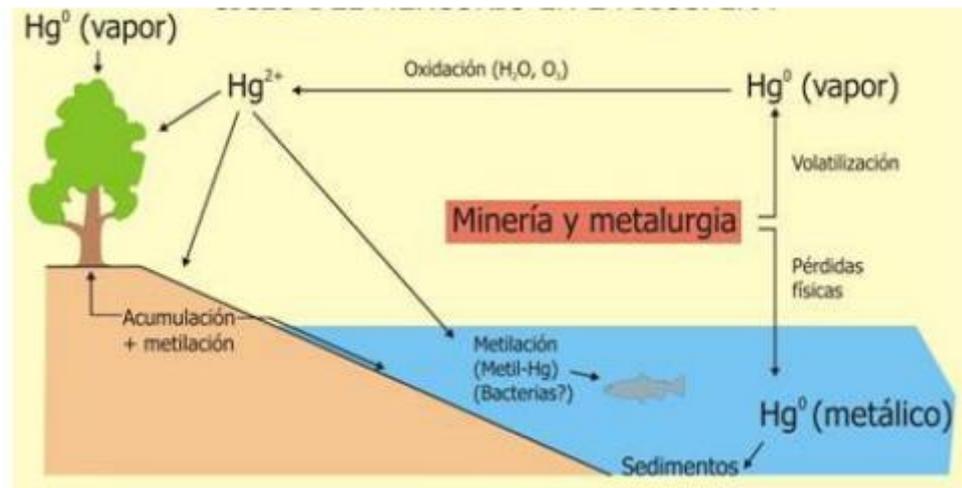
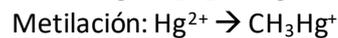
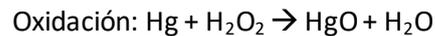


Figura 15. Ciclo biogeoquímico del mercurio. Fuente: [60]



INCIDENCIA EN LOS ALIMENTOS

Las principales fuentes alimenticias contaminadas con este metal son, los pescados de mediano y gran tamaño, así como los mariscos, y moluscos bivalvos. [59]

RELACIÓN CON EL ORGANISMO

No se ha encontrado ninguna función del mercurio en los organismos vivos [39]. Sin embargo, los efectos tóxicos generan graves problemas, fundamentalmente relacionados son los sistemas nervioso y cardiovascular.

Un caso grave de envenenamiento por mercurio fue la denominada enfermedad de Minamata caracterizada por ser un síndrome neurológico grave y permanente. Algunos de los síntomas principales son ataxia, deterioro de la vista y el oído y debilidad. En casos extremos puede derivar en parálisis o incluso la muerte. El gobierno de Japón anunció en 1968 que la causa de esta enfermedad fue la ingestión de pescado y marisco que estaba contaminado debido a los vertidos de una empresa petroquímica. Estos vertidos contenían mercurio, que era usado como catalizador. El principal problema es que en el agua de mar se forma cloruro de mercurio. [60]

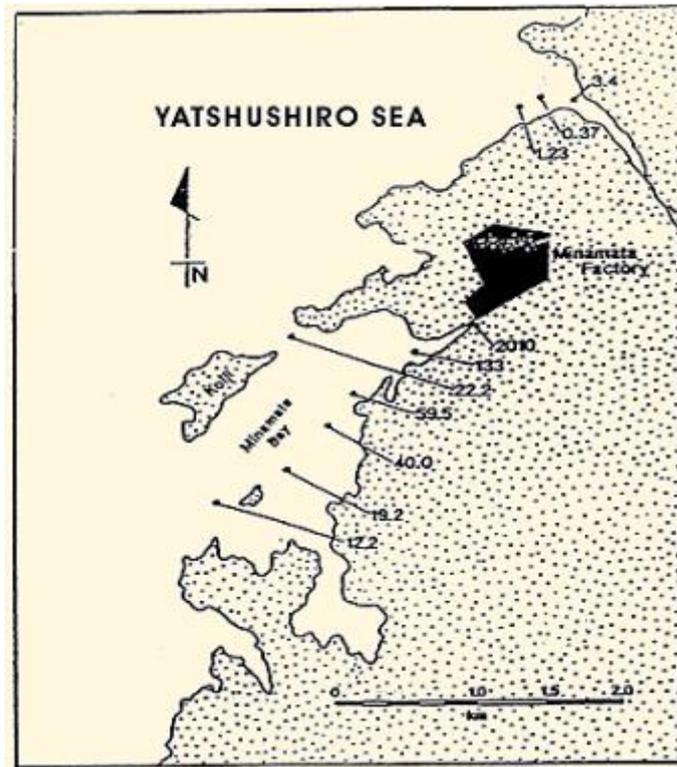


Figura 16. Valores de concentración de Hg (ppm) en sedimentos en el año 1959, consecuencia del desastre de Minamata. [60]

10. PROPUESTA DE ACTIVIDADES

Las actividades propuestas están diseñadas para alumnos de **2º Bachillerato** de la modalidad de ciencias, principalmente para la asignatura de **Química**. También se pueden adaptar y llevar a cabo en los distintos cursos y asignaturas que se describen en el apartado 2.

Los alumnos deberán realizar las actividades en **pequeños grupos** de 3 a 5 componentes. Cada grupo deberá hacer las actividades iniciales (10.1 y 10.2) y una de las actividades específicas de los metales. Una vez finalizadas, deberán realizar una exposición oral de su trabajo en el aula. Para ello podrán realizar una presentación de Power Point o bien un mural (tipo mapa conceptual) usando la herramienta PADLET [62]. Finalmente entregarán un trabajo escrito que reúna toda la información obtenida.

Dado que en el curso de 2º Bachillerato los horarios son muy limitados, este trabajo será voluntario y las exposiciones orales se llevarán a cabo en **horario extraescolar**. Podrá realizarse de **forma presencial o de forma online** vía Microsoft Teams en función de las restricciones sanitarias por el covid-19.

En el caso de Bachillerato, el trabajo se valorará con un **10% adicional de la nota** del trimestre en el que se realice. Por lo tanto, será a finales del segundo trimestre (la semana previa a las vacaciones de Semana Santa) con el fin de que los alumnos tengan todos los conocimientos necesarios. La adaptación para alumnos de ESO se evaluará con un 15% de la nota del segundo trimestre.

Se tendrá en cuenta para la evaluación el trabajo en equipo, la participación, la distribución de las tareas, la interacción entre los miembros y el contenido y secuenciación de la exposición oral. Además, se valorarán las fuentes de información, la redacción y la organización del trabajo.

10.1. ACTIVIDAD GENERAL

1. Realiza un eje cronológico que muestre el descubrimiento del metal asignado a cada grupo, (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Se o Hg) así como de los principales acontecimientos históricos en los que esté involucrado. Siempre que se pueda, anota los años exactos. Utiliza la herramienta PADLET (<https://es.padlet.com/>) y la opción "cronología".

El sodio en la historia

Prehistoria (II milenio a.C.)
En la Prehistoria, a partir de la Edad del Bronce, aparecieron las primeras rutas comerciales de la sal.

Antiguo Egipto (3000 a.C.)
Se empleaba la sal para preservar las momias. Además, se elaboraron las primeras salazones.

Rutas de la sal (siglo III-V d.C.)
Durante el Imperio Romano, estas rutas cobraron especial importancia.

Edad Media (siglo V-XV)
En la Europa medieval se utilizaba un compuesto de sodio (sodanum) para tratar las migrañas.

Obtención de Na (1807)
Humphrey Davy obtuvo sodio por electrolisis de NaCl fundido.

Siglo XX
La salazón es una técnica de conservación de los alimentos muy empleada. Un ejemplo son los secaderos de jamón.

Figura 17. Ejemplo de cronología para el sodio realizado en PADLET.

2. En la tabla 7 se muestra la frecuencia de consumo de determinados alimentos en 3 países diferentes (A, B y C) y en la figura 18, unas gráficas de la incidencia de algunos problemas de salud en dichos países. Analiza las figuras y responde a las cuestiones.

Tabla 7. Frecuencia de consumo de determinados alimentos en 3 dietas de 3 países.

ALIMENTO	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3
Aceite de oliva	Alto	Bajo	Bajo
Carne de vaca/cerdo	Medio	Alto	Bajo
Carne de pollo	Medio	Alto	Bajo
Cereales	Alto	Alto	Bajo
Huevos	Medio	Alto	Medio
Legumbres	Medio	Bajo	Alto
Lácteos	Medio	Alto	Bajo
Mantequilla	Bajo	Alto	Bajo
Pescado	Alto	Bajo	Medio
Verduras y frutas	Alto	Bajo	Alto

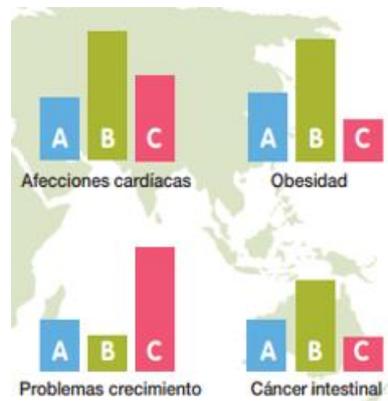


Figura 18. Diagramas de barras de los problemas de salud de los tres países. Fuente: [63]

CUESTIONES

- Relaciona las dietas 1, 2 y 3 con sus correspondientes países (A, B y C).
- ¿Qué dieta podría ser de un país del tercer mundo? ¿Y de un país desarrollado?
- ¿Alguna de las dietas es de tipo “mediterráneo”?
- Representa en los diagramas de barras cuál es el factor que contribuye a la aparición del problema de salud de la población afectada
- ¿Qué metales encontrarías en cada uno de los alimentos de la tabla?

10.2. SODIO

¿Cuánto sodio ingiero en un día?

Un exceso de sal en nuestro organismo puede provocar enfermedades cardíacas o accidentes cerebrovasculares. La pregunta entonces es: ¿cuál es el límite en el consumo de sal?

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda ingerir un máximo de 5g diarios de sal, en los cuales debemos incluir aquella que ya lleven los alimentos debida a los procesos de manufacturación. Esta cantidad es para un adulto, siendo inferior para los niños. No obstante, el consumo medio en España es superior.

Por cada gramo de sal, se consumen aproximadamente 0,4g de sodio. Por lo tanto, el consumo diario de sodio límite en adultos son 2g.

Durante 1 día, anota en la siguiente tabla tu consumo de sal. Para ello deberás fijarte en las etiquetas de información nutricional de los alimentos o bien pesar la cantidad que añades a las comidas.

	Cantidad de sal	Cantidad de sodio	Observaciones
Desayuno			
Almuerzo			
Comida			
Merienda			
Cena			
TOTAL			-

CUESTIONES

- Compara tu consumo de sal y de sodio con los límites establecidos por la OMS.
- ¿Te ha resultado difícil obtener la cantidad de sal? En caso afirmativo indicar en qué alimentos.
- ¿Consideras que los alimentos sometidos a algún proceso industrial (enlatados, encurtidos, procesados, precocinados, etc) tienen un exceso, un defecto o una cantidad adecuada de sal?
- ¿Qué alimentos tomarías para reducir la ingesta diaria de sal?

10.3. POTASIO

La bomba de sodio-potasio

La función de la bomba de sodio-potasio (Na^+/K^+) es desplazar el sodio del interior de las células al compartimento extracelular, y el potasio que está en dicho compartimento introducirlo en el interior de las células.

Visualiza el siguiente vídeo acerca del funcionamiento de la bomba y responde a las cuestiones.

“El funcionamiento de la bomba sodio-potasio. El transporte activo”

<https://www.youtube.com/watch?v=Q-pgypwEYgA>

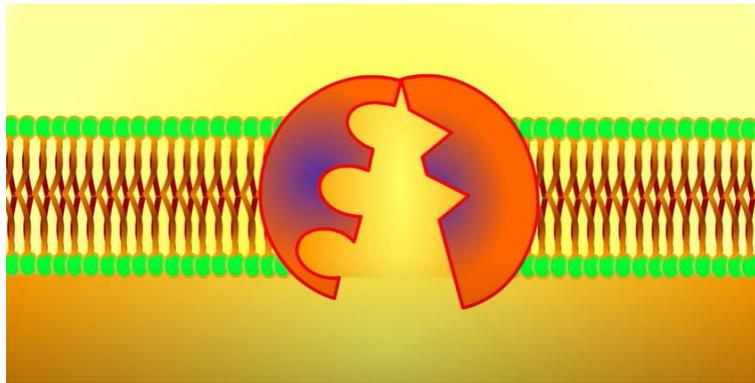


Figura 19. Captura del vídeo de la actividad.

CUESTIONES

- Señala sobre la Figura 18 los elementos de las células que muestra y están implicados en el proceso.
- ¿Qué son los iones de sodio y potasio?
- Describe detalladamente el funcionamiento de la bomba sodio-potasio usando dibujos.
- ¿Qué tipo de transporte es? Explícalo brevemente.
- ¿Qué relación tiene la bomba sodio-potasio con el movimiento muscular?

10.4. MAGNESIO

El purgante milagroso

A finales del siglo XIX y durante las primeras décadas del XX, en todas las casas de España había una botella de este famoso purgante: el agua de Carabaña.



Figura 20. Publicidad para promocionar el Agua de Carabañas (1910)

Estas aguas tenían un alto contenido en sulfato de sodio y magnesio. También en Centroeuropa contaron con un gran mercado, pero la diferencia era que predominaba el sulfato de magnesio. Se trata de agua incolora con un fuerte sabor salado.

CUESTIONES

- ¿Qué propiedades prometía tener esta agua? ¿Cuáles de ellas son verdaderas teniendo en cuenta los efectos del magnesio en el organismo?
- Compara su composición química con la del agua mineral natural.
- Busca referencias en la prensa del siglo XIX y XX, resúmelo brevemente y anota la fuente utilizada.

10.5. CALCIO

La influencia del calcio en el agua potable

Nuestros dientes contienen fosfato de calcio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Forma parte del esmalte dental reforzándolo, neutralizando la acidez de la placa bacteriana, favoreciendo el mecanismo de reparación natural de los dientes, así como evitando en gran medida la aparición de caries.

A principios de los años 40-50 en EE.UU y otros países de Europa, fluoraban el agua para evitar la aparición de caries. Hoy en día el flúor se añade a los dentífricos y colutorios. La función del flúor era reaccionar con el calcio para dar fluoruro cálcico. Este compuesto se disuelve en los ácidos mucho menos que el fosfato cálcico. Como consecuencia, se evita que los dientes “se piquen”.

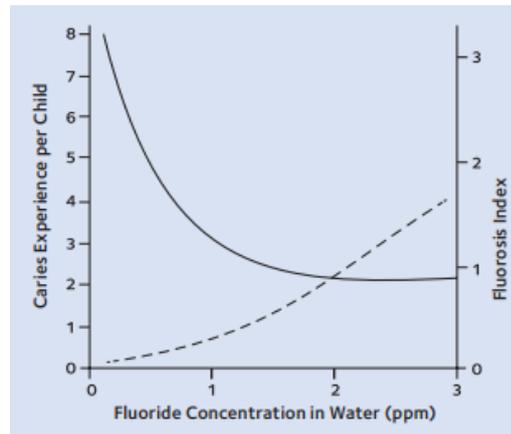


Figura 21. Relación entre la aparición de caries dental (línea continua) y la concentración de flúor en agua potable (línea discontinua). Fuente: [64]

CUESTIONES

- Escribe y ajusta la reacción que tiene lugar entre el flúor y el calcio.
- ¿Cuál es la concentración de calcio recomendada en aguas potables?
- ¿Cuáles son las principales fuentes de calcio en los alimentos?
- ¿Qué consecuencias puede tener en nuestro organismo un exceso de calcio?

10.6. HIERRO

¿Los cereales tienen hierro?

Para determinar la cantidad de hierro de los cereales se va a llevar a cabo una pequeña práctica experimental.

MATERIALES

- Cereales altos en hierro
- Agua
- Batidora eléctrica
- Bolsa de cierre hermético
- Imán

PROCEDIMIENTO

Se añade agua caliente sobre cereales “altos” en hierro y se deja reposar unos 2 minutos para que se reblandezcan. A continuación, se bate con una batidora eléctrica para formar una pasta, la mezcla así obtenida se introduce en una bolsa de cierre hermético y se reparte bien de forma que quede una capa fina de la misma. Se acerca un imán por la bolsa hasta que aparezca una mancha oscura o sólido de color negro, que es el hierro.

ENSAYO

Pasa a un vaso el sólido correspondiente con la mancha y añade HCl. Filtra la disolución resultante. Finalmente, añade KSCN. Se observará una intensa coloración roja.

CUESTIONES

- ¿En qué propiedad se basa este experimento? Explícalo brevemente.
- ¿Por qué se trituran los cereales?
- ¿Qué función tiene el agua?
- Realiza el experimento con 2 marcas de cereales y compara la cantidad de hierro obtenida. Anota los resultados en la siguiente tabla:

Cereales	Observaciones
Marca 1:	
Marca 2:	

- Indica los equilibrios y reacciones que tienen lugar en el ensayo con HCl y KSCN.

10.7. COBRE

La sangre azul

Los seres humanos tenemos sangre roja porque la hemoglobina es rica en hierro. Sin embargo, algunas especies animales tienen sangre azul. Un ejemplo son los cangrejos herradura del Atlántico. Fue Frederik Bang quien descubrió que su sangre (hemolinfa) contenía hemocianina, que es una proteína con alto contenido en cobre, que en contacto con oxígeno se torna azul. Esta proteína la tienen la mayor parte de los moluscos y algunos artrópodos.

La hemolinfa de los cangrejos herradura contiene amebocitos, que son similares a los leucocitos. Estos reaccionan ante las endotoxinas bacterianas coagulándose. Este agente de coagulación se conoce como lisado de amebocito limulus (LAL). Se utiliza como prueba para determinar si existe contaminación en los productos farmacéuticos además de varias enfermedades bacterianas.

CUESTIONES

- a) Explica las similitudes y diferencias que existen entre la hemoglobina y la hemocianina.
- b) ¿Por qué se relaciona a los cangrejos herradura con las arañas?
- c) ¿Para qué se usa la sangre del cangrejo herradura? ¿Existen alternativas sintéticas?
- d) Describe brevemente la posible implicación de la sangre azul de estos cangrejos con las vacunas del covid-19.

10.8. CINC

Diseñando una dieta

Un hombre adulto de 40 años acude al médico por pérdida de apetito y disminución del olfato. Además, nota cómo sus heridas curan de forma más lenta de lo habitual. Tras realizarle distintas pruebas, el médico concluye que tiene un déficit de cinc, por lo que necesita realizar una dieta que incluya la cantidad recomendada por la OMS de este metal.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de cinc que contienen 100g de diferentes alimentos.

Alimentos	Cinc (mg/100g)	Alimentos	Cinc (mg/100g)
Almendras	3,1	Piñones	6,5
Alubias	3,7	Ostras	38,5
Arroz integral	2,0	Brócoli	0,4
Cordero	3,4	Pan	0,9
Maíz	2,2	Lomo de ternera	7,1
Mejillones	1,6	Leche en polvo desnatada	4,4
Chocolate negro	10	Cangrejo/Nécora	5,5

CUESTIONES

Diseña un día de dieta alta en cinc para el paciente y un día de dieta que incluya la cantidad de cinc recomendada por la OMS, indicando las cantidades de los distintos alimentos.

Justifica la elección de los alimentos en función de los metales que contienen y la cantidad del alimento en función de los límites establecidos por la OMS.

10.9. SELENIO

¿Son realmente necesarios los suplementos minerales?

En los últimos años se ha atribuido a los suplementos minerales propiedades curativas sin base científica solo por el hecho de que dichos metales intervienen en la fisiología del organismo.

Uno de los metales que se comercializan como suplemento es el selenio. Se trata de un oligoelemento necesario, pero no desde el punto de vista nutricional. En el organismo se encuentra en forma de selenoproteínas. La glutatión peroxidasa es la principal selenoproteína del organismo, la cual desempeña un importante papel en la defensa antioxidante por su localización en todos los órganos y tejidos.

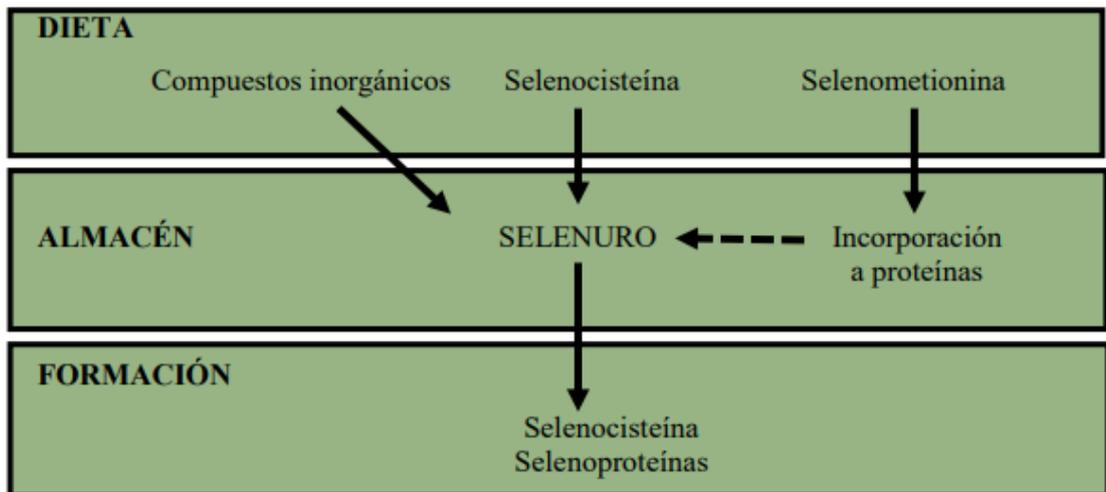


Figura 4. Metabolismo del selenio¹⁶.

Figura 22. Metabolismo del selenio. Fuente: [65]

CUESTIONES

- ¿Qué ocurre en el organismo si hay déficit de selenio? ¿Y si hay exceso?
- La selenometionina es la forma orgánica análoga al selenio, por lo que es la más adecuada para suplementar la dieta. Investiga la composición de 3 suplementos de selenio y anota si la usan o si usan otras formas.
- ¿Pueden interferir estos suplementos de selenio con los medicamentos? ¿Por qué?
- ¿Consideras que es fundamental consumir suplementos de selenio? Justifica tu respuesta.

10.10. MERCURIO

Contaminación por metales pesados: el mercurio

Hoy en día la contaminación de los recursos hídricos, suelos y aire debida a los metales pesados implica un serio problema que compromete la seguridad alimentaria y la salud pública. Uno de estos metales es el mercurio.

Lee el siguiente artículo de la revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo ([Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110.pdf](#)) y contesta a las siguientes preguntas.

CUESTIONES

- a) ¿Cuáles son las fuentes de contaminación y cómo se incorpora a la cadena alimentaria?
- b) Describe los efectos en la salud y el medioambiente de la exposición a mercurio.
- c) ¿Cuáles son los límites máximos de concentración de mercurio en agua, suelo y alimentos de consumo humano?
- d) Compara brevemente la contaminación por metales pesados de los recursos hídricos de China, Colombia y Grecia.

11. CONCLUSIONES

1. Facilitar al alumno alcanzar conocimientos transversales sobre los metales: Estado en la naturaleza, relato histórico, principales reacciones y su relación con los procesos bioquímicos en el organismo humano.
2. Permitir, dentro de la programación de Física y Química, visualizar la importancia de temas relacionados con la salud y el medioambiente.
3. Desarrollar el criterio personal sobre cuestiones científicas, valorando el conocimiento como un proceso de construcción ligado a la sociedad y a las actividades en equipo.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real Decreto 1105/2014. Boletín Oficial de Estado, Madrid, España, 26 de diciembre de 2014
- [2] Organización de Educación Secundaria Obligatoria en Castilla y León. Curso 2020/21. <https://www.educa.jcyl.es/es/informacion/sistema-educativo/educacion-secundaria-obligatoria/ordenacion-etapa/organizacion>
- [3] Organización de Bachillerato en Castilla y León. Curso 2020/21. <https://www.educa.jcyl.es/es/informacion/sistema-educativo/bachillerato-quieres-estudiar/bachillerato-regimen-diurno/bachillerato-ordinario/organizacion>
- [4] Química y alimentos <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/quimica-y-alimentos-los-compuestos-quimicos-son-tu-comida/>
- [5] La química de los alimentos <https://www.bioecoactual.com/2019/12/16/quimica-en-los-alimentos/#:~:text=La%20qu%C3%ADmica%20de%20los%20alimentos,que%20se%20dan%20en%20ellos>
- [6] Clasificación de los aditivos naturales sintéticas <https://www.pilarica.es/clasificacion-funcional-los-aditivos-alimentarios-naturales-sinteticos/>
- [7] La química y la alimentación <https://www.quimicaysociedad.org>
- [8] Metales pesados en los alimentos <https://www.bioecoactual.com/2020/10/04/metales-pesados-en-los-alimentos/>
- [9] Los elementos imprescindibles en la nutrición <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/24/posts/la-tabla-periodica-de-los-elementos-en-un-solo-alimento-17457>
- [10] Los metales y la medicina <https://www.nuevamineria.com/revista/mineria-y-salud-los-metales-al-servicio-de-la-medicina/>
- [11] Funciones de los metales en el cuerpo humano <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/metales-que-mueven-al-cuerpo/#:~:text=Pero%20pocos%20se%20imaginan%20que,y%20manganeso%20con%20importantes%20funciones.&text=Una%20de%20las%20enzimas%20que,de%20hierro%20para%20su%20funci%C3%B3n>
- [12] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/na.htm>
- [13] <http://www.quimicaweb.net/tabla-periodica/paginas/sodio.htm>
- [14] <https://www.muyinteresante.es/salud/fotos/la-sal-historia-curiosidades-y-salud/cantidad-de-sal-recomendada>
- [15] <https://curiosoando.com/que-es-un-metal-activo>
- [16] <https://cienciadelux.com/tag/electrolisis/>

- [17] <https://www.fundaciondiabetes.org/sabercomer/405/alimentos-con-contenido-moderado-o-bajo-en-sodio>
- [18] La química y la alimentación. Foro permanente de química y sociedad <https://www.quimicaysociedad.org/tabla-periodica-de-los-elementos-quimica/>
- [19] <https://www.muyinteresante.es/salud/fotos/la-sal-historia-curiosidades-y-salud/cantidad-de-sal-recomendada>
- [20] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/k.htm>
- [21] <http://www.quimicaweb.net/tablaperiodica/paginas/potasio.htm>
- [22] <https://www.infometales.com/potasio/>
- [23] Ann Crawford, Helene Harris, 2011. Equilibrio entre el sodio y el potasio. Nursing. Elsevier, volumen 29, número 9, páginas 14-20.
- [24] <http://www.quimicaweb.net/tablaperiodica/paginas/magnesio.htm>
- [25] <https://www.abametales.com/productos.php?producto=magnesio-metalico>
- [26] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mg.htm>
- [27] <https://www.quimicas.net/2015/07/el-magnesio.html>
- [28] <https://www.camarassinfronteras.com/articulos/flash/magnesio.html>
- [29] P. Aranda, E. Planells, J. Llopis. Magnesio. Ars Pharmaceutica, 41: 1; 91-100, 2000
- [30] <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-DatosEnEspanol/>
- [31] <http://www.quimicaweb.net/tablaperiodica/paginas/calcio.htm>
- [32] <https://www.dciencia.es/los-elementos-en-los-humanos-o-c-h-n-ca-p/>
- [33] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ca.htm>
- [34] <https://jesusantaroca.wordpress.com/tag/minas-de-yeso/>
- [35] <https://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/fe.htm>
- [36] <http://www.quimicaweb.net/tablaperiodica/paginas/hierro.htm>
- [37] [https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/421 obtencin del mineral de hierro.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/421%20obtencin%20del%20mineral%20de%20hierro.html)
- [38] <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-hierro-organismo-causa-exceso-deficit-20191011075944.html>

[39] Underwood, Eric J., (1977), Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Nueva York, Estados Unidos, Academic Press.

[40] <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-DatosEnEspañol/#:~:text=El%20cuerpo%20utiliza%20el%20hierro,elaborar%20hormonas%20y%20tejido%20conectivo>

[41] <http://www.quimicaweb.net/tablaPeriodica/paginas/cobre.htm>

[42] <https://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/cu.htm>

[43]

https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/531_metales_pesados.html

[44] <https://elementos.org.es/cobre>

[45] <https://www.lavanguardia.com/internacional/20200616/481765334345/cangrejo-herradura-coronavirus-vacuna-sangre-azul.htm>

[46]

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002419.htm#:~:text=Las%20ostras%20y%20otros%20mariscos,pimienta%20negra%20y%20la%20levadura>

[47] <http://www.quimicaweb.net/tablaPeriodica/paginas/zinc.htm>

[48] <https://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/zn.htm>

[49] <https://blogs.20minutos.es/yaestaellistoquetodolosabe/cual-es-el-origen-de-la-expresion-no-hay-tu-tia>

[50] López A., (2017), Ya está el listo que todo lo sabe: Una curiosidad para cada día del año, Ed. Leeme; nº1 edición.

[51] <https://www.infometales.com/zinc/>

[52] <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Zinc-DatosEnEspañol.pdf>

[53]

<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/se.htm#:~:text=La%20abundancia%20de%20este%20elemento,en%20asociaci%C3%B3n%20con%20azufre%20elemental>

[54] <http://www.quimicaweb.net/tablaPeriodica/paginas/selenio.htm>

[55] <https://www.cosmos.com.mx/wiki/selenio-c7dz.html>

[56] <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Selenium-DatosEnEspañol.pdf>

[57] <http://www.quimicaweb.net/tablaPeriodica/paginas/mercurio.htm>

[58] <https://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/hg.htm>

[59] <https://www.caracteristicas.co/mercurio-metal/>

[60] Metales pesados tóxicos: el mercurio. Química inorgánica ambiental. Tema 3 (pp. 4;11-12). Universidad de Granada. https://www.ugr.es/~mota/QIA_TEMA-3_Hg.pdf

[61] <https://www.prevensystem.com/internacional/673/noticia-como-nos-afecta-la-presencia-de-metales-pesados-en-los-alimentos.html>

[62] PADLET. 2016. [Recurso electrónico]. Disponible en: <https://es.padlet.com>

[63] <https://datos.redomic.com/userfiles/3/files/G47.pdf>

[64] “Fluoridation Facts”: páginas 14-16, apartados 2-5
https://www.ada.org/~media/ADA/Files/Fluoridation_Facts.pdf?la=en

[65] Molina Maisincho, A.E. (2019). Selenio: un elemento tóxico y esencial (Trabajo Fin de Grado). Universidad Complutense.