

SECCION PRIMERA

CAPÍTULO PRIMERO

ESTEQUIOLOGÍA

**Concepto de principio inmediato.—Clasificación de los principios inmediatos.
Substancias inorgánicas.—Materias orgánicas del primer grupo.**

La *estequiología* es la parte de la anatomía general que estudia los principios inmediatos.

Principios inmediatos. — Son aquellos cuerpos simples ó compuestos, separables por medios puramente físicos, y de cuya mezcla, en proporciones determinadas, están construídas las células y tejidos. Lo que caracteriza, por tanto, á los principios inmediatos, no es su naturaleza, pues los hay orgánicos é inorgánicos, ni su complejidad, pues los hay simples, como el oxígeno, y complicadísimos, como la albúmina, sino el doble atributo de ser cuerpos anatómicamente dissociables, y de constituir la materia de que están modelados los seres vivientes.

Los elementos químicos de cuyas variadas combinaciones resultan los principios inmediatos, son: el carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, cloro, silicio, fluor, potasio, sodio, magnesio, litio, calcio, plomo, hierro, cobre y manganeso.

Muchos de los principios inmediatos, son comunes al reino orgánico y al inorgánico. Pero existe una categoría de cuerpos, generalmente de gran complejidad, que por encontrarse exclusivamente en los seres vivientes, llámense *substancias orgánicas*.

En la molécula de estos cuerpos, entra, como factor principal, el carbono, cuya cualidad de tetra-atómico y la virtud que sus átomos poseen de combinarse entre sí, engendrando cadenas moleculares complejísimas, explican, en parte, la riqueza extraordinaria de los compuestos orgánicos.

Clasificación de los principios inmediatos.—No habiendo dilucidado todavía la fisiología el papel funcional desempeñado en la economía viviente por cada principio inmediato, no sería prudente adoptar una clasificación de base fisiológica; lo más racional es ordenar estos cuerpos, atendiendo á su naturaleza química y á su progresiva complejidad, como aparece en la siguiente clasificación que hemos tomado, modificándola ligeramente, del Dr. Maestre-De San Juan:

- Materias minerales.
1. Cuerpos simples : oxígeno, nitrógeno.
 2. Ácidos libres : ácido carbónico, clorhídrico, silícico.
 3. Bases libres ; óxido de hierro, óxido de cobre, óxido de manganeso.
 4. Sales : fosfatos, cloruros, sulfatos y carbonatos.
 5. Agua (disolvente general).

Materias orgánicas.

- I grupo...
1. Alcoholes. { Colesterina.
Glicerina.
 2. Hidratos de carbono. { Glicógena.
Dextrina.
Glucosa.
Inosita.
Azúcar de leche.
 3. Ácidos ... { Grasos ... { Acético, butírico.
Cáprico, caprérico.
Oléico, estearico,
palmitico.
No nitrogenados. { Láctico, glicólico.
Succínico, oxálico, etc.
Nitrogenados. { Úrico y sus derivados.
 4. Eteres de la glicerina. { Palmitina, oleína, estearina, etc.
 5. Amidas .. { Urea.
 6. Ácidos amídicos ... { Creatina, creatinina, leucina.
taurina, glicocola, ácido hipúrico, cistina.
- II grupo. Albuminoides ó sustancias proteicas...
1. Albuminoides propiamente dichos. { Albúmina, fibrina, miosina, vitelina, globulina, caseína, peptonas.
 - Substancias colágenas .. { Nucleína, plastina.
Colágena.
Acido condrótico.
Osteína.
Elastina.
Keratina.
Neuro-keratina.
Mucina.
Substancia coloide.
 - Materias colorantes. { Hemoglobina, hemina, hematina, hematoidina, bilirubina, indican, melanina.
 - Fermentos .. { Diastasa, pepsina, pancreatina, invertina, etc.

MATERIAS INORGÁNICAS

Las *substancias inorgánicas ó minerales* entran en la constitución de todos los tejidos, guardando en cada uno de éstos, y en sus mezclas con los principios protéicos, proporciones bastante constantes. En general, dichas materias hállanse en estado de simple disolución ; no obstante, hay tejidos en donde es admisible una combinación de las mismas con determinados albuminoides. Tal sucede en los dientes y en los huesos, donde la osteína parece estar combinada con el fosfato y carbonato de cal.

Las proporciones relativas de materias minerales varían en cada tejido. El dentario y el óseo las encierran en grandes cantidades (huesos, 654,5 por 1000) ; mientras que los humores, y particularmente las glándulas, son muy pobres en tales principios (páncreas, bazo, de 3 á 4 por 1000).

Al 5 ó al 7 por 100 asciende la cantidad de materias minerales obtenida por incineración del cuerpo de los mamíferos ; esta proporción, que crece con la edad, sólo es en el feto del 1 por 100. Las tres cuartas partes del total de materias minerales están representadas por la cal y el ácido fosfórico.

Cuerpos simples.—1.º *Oxígeno* (O²).—Este gas yace en estado libre, disuelto en muchos líquidos orgánicos, en especial en el plasma sanguíneo y linfático ; en combinación floja forma parte de la oxihemoglobina.

El oxígeno es un factor indispensable, tanto en la vida vegetal como animal, pues, como es sabido, la combinación de las materias orgánicas con este gas desprende calor, y de esta fuerza provienen en definitiva todas las energías desplegadas por los tejidos vivos.

2.º *Nitrógeno* (N).—Hállase en estado libre en las vías aéreas y tubo digestivo, y en disolución habita en muchos humores.

Ácidos libres.—*Acido carbónico* (CO²).—Reside en el tubo digestivo, y sobre todo en el pulmón, donde es exhalado por la sangre venosa, que lo contiene en disolución. El ácido carbónico es uno de los productos de la oxidación de las materias carbonadas de los tejidos.

Acido clorhídrico (ClH).—Hállase en el jugo gástrico en proporción de 0,8 ó 0,9 por 1000; su oficio es coadyuvar á la disolución de las materias albuminoides coaguladas.

Acido silícico (SiO²).—Reside en el cabello y en algunos líquidos orgánicos.

Bases libres.—Son: el *óxido de hierro* (FeO), que entra en la formación de la hemoglobina, bajo la forma de óxido férrico, y el *óxido de cobre* que se halla en la bilis.

Sales.—*a) Fosfatos.*—El *fosfato de cal básico* (Ca⁵Ph²O⁸) reside en todos los tejidos, pero en particular en los huesos, en donde entra en proporción del 51 por 100. El *fosfato ácido de cal* (Ph²CaH⁴O⁸) abunda en los humores, donde yace disuelto á favor de los ácidos. El *fosfato de magnesia* (PhMg⁵O⁴) reside en el tìmo y músculos, y acompaña al de cal en los huesos y dientes. El *fosfato amónico-magnesiano* (MgNH⁴Ph⁴+6H²O) se presenta preferentemente en la orina y en todas las materias protéicas en descomposición (con desprendimiento de amoníaco).

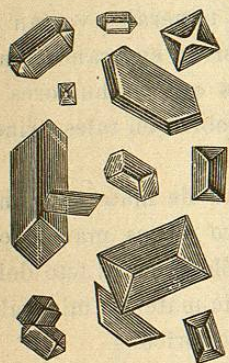


Fig. 58.—Crisales de fosfato amónico magnesiano (Kössel).

Cristaliza en prismas, cuya forma recuerda la de una tapa de ataud (figura 58). El *fosfato sódico*, con sus dos formas, neutro (PhNa⁵O⁴) y ácido (PhNaH²O⁴), figura en estado de disolución en todos los humores.

b) Cloruros.—*Cloruro de sodio* (NaCl).—Tiene su residencia en los tejidos y humores; evalúase su cantidad total en 200 gramos (cuerpo humano). *Cloruro de potasio* (KCl); es menos abundante que el precedente. Hállase también en la saliva y jugo gástrico una débil proporción de *cloruro amónico* (NH⁴Cl).

c) Sulfatos y sulfuros.—Los *sulfatos alcalinos* residen en la sangre y demás humores, excepto la leche, el jugo gástrico y la bilis; se eliminan por la orina. Los *hiposulfitos* alcalinos se han encontrado en la orina. El *sulfocianuro de potasio y sodio* habita en la saliva. El *sulfuro de hierro* en los excrementos.

d) Carbonatos.—El *de cal* (CaCO³) habita con el fosfato de cal, en los dientes y huesos, así como en los humores. El *carbonato de sosa* (Na²CO³) reside en la sangre venosa.

Agua.—Cuerpo el más abundante del organismo, puesto que entra en la constitución de éste en proporción de 70 por 100. El agua es el disolvente general de las materias nutritivas y el vehículo de las sustancias destinadas á la eliminación. Según Bischoff, el cuerpo de un hombre adulto contiene 415 partes de sustancias sólidas y 585 de agua.

De tres maneras se encuentra el agua en los tejidos: como vehículo de sustancias disueltas (sangre, linfa, secreciones), como líquido de imbibición destinado á mantener hinchados y en estado coloide los principios albuminoides, y como agua de combinación ó cristalización de ciertas moléculas orgánicas.

Procede el agua de los alimentos y bebidas. Además de este origen, que es el más general, se ha reconocido que dicho cuerpo puede engendrarse por combinación. En efecto, el hidrógeno de los albuminoides y grasas, se oxidaría como el carbono, y de esta combustión brotaría cierta cantidad de agua.

SUBSTANCIAS ORGÁNICAS DEL PRIMER GRUPO

Alcoholes.—Como es sabido, los alcoholes se engendran por la combinación de un carburo de hidrógeno con el oxhidrilo (OH). Por ejemplo: el alcohol metílico resulta de la unión de OH con el metilo (CH³).

a) Alcohol ordinario ó etílico (C²H⁶O).—Aunque en cortísima cantidad, este alcohol podría hallarse en el organismo, no como resultado de la ingestión de bebidas alcohólicas, sino como producto de la fermentación intraorgánica de la glucosa (Béchamp, Blondeau).

b) Colesterina (C²⁶H⁴⁴OH²O).—Es un alcohol levogiro, cristizable, ya en finas agujas (colestonina anhidra), ya en tablas romboidales delgadísimas (colestonina hidratada); funde á 137°, es insoluble en agua y en los álcalis débiles, pero es soluble en las grasas, éter, cloroformo y bencina; reside en la bilis, sangre,

vitellus, cerebro, tubos nerviosos, etc. Por oxidación, engendra el ácido colestérico ($C^8H^{10}O^5$).

c) *Glicerina* ($C^3H^8O^5$).—Substancia siruposa, incolora, miscible al agua, insoluble en éter, cloroformo y esencias, pero soluble en alcohol; representa un alcohol triatómico, que se combina con los ácidos grasos para formar las grasas neutras (la *triestearina*, *tripalmitina*, *trioleína*, etc.).

Hidratos de carbono.—Estos cuerpos, que son muy afines de los alcoholes, han recibido la designación de *hidratos de carbono*, á causa de que su molécula encierra, en unión de varios átomos de carbono, otros de hidrógeno y oxígeno, precisamente asociados según la relación de los elementos del agua (H^2O). Así, la fórmula general de las glucosas es $C^6H^{12}O^6$.

Tocante á sus propiedades, son los hidratos de carbono substancias sólidas, blancas, inodoras, químicamente indiferentes, de sabor más ó menos dulce. Habitan en muchos órganos, pero prefieren el hígado y los músculos.

Los principales hidratos de carbono son:

La substancia glicógena ($C^6H^{10}O^8$). Descubierta por Claudio Bernard en el hígado, se la halla igualmente en el ovario, cartilagos, músculos, etc. Es una materia blanquecina, amorfa, insoluble en alcohol, soluble en agua; precipita de sus soluciones por el ácido acético, tanino, etc.; se colora en rojo moreno por el iodo, y no reduce el licor cupro-potásico.

La dextrina.—Es dextrogira, es decir, que desvía la luz polarizada á la derecha ($=+138^\circ$), y se halla en el intestino, siendo el resultado de la acción de la diastasa salival sobre los amiláceos.

Las glucosas.—La principal es el *azúcar de uva* (*glicosa*, *dextrosa*), que reside, aunque en pequeñas proporciones, en la sangre y músculos, y se caracteriza por su poder rotatorio ($=+106^\circ$), por cristalizar, ya en mamelones, ya en agujas transparentes, y por reducir el licor cupro-potásico.—*Sacaridos.* Cuerpos que responden á la fórmula $C^{12}H^{22}O^{11}$, y cuyo representante principal es el *azúcar de leche* (lactosa), substancia cristalizable en prismas oblicuos de cuatro facetas, levogira ($=+59^\circ,3$), reductora del licor cupro-potásico y residente de manera exclusiva en la leche.

Inosita ($C^6H^{12}O^6$). Soluble en agua y alcohol, cristalizable en láminas brillantes, y habitante en el corazón, pulmones, riñones, bazo, etc.

Ácidos orgánicos.—a) *Ácidos grasos.*—Casi todos los ácidos grasos se hallan combinados con la glicerina, constituyendo las grasas neutras del tejido adiposo, nervioso y de las glándulas sebáceas y mamarias. Su fórmula general es $C^n H^{2n-1} O$ (HO).

En el organismo del hombre sólo se encuentra un corto número de ácidos grasos: el *estéarico* ($C^{18}H^{36}O^2$) y el *palmitico* ($C^{16}H^{32}O^2$), ambos pertenecientes á la *serie acética*; y el *oleico* ($C^{18}H^{34}O^2$), único representante de la *serie oleica*.

Acido oleico.—Es de consistencia líquida, solidificable á -4° y neutro al papel de tornasol. Forma con la glicerina la *trioleína*.—*Acido palmitico.* Cristaliza en escamas, funde á los 62° , y constituye, con la glicerina, la *tripalmitina*.—*Acido estéarico.* Cristaliza en agujas nacaradas microscópicas, funde á $69^\circ,2$, es soluble en cloroformo y éter, y engendra, en unión de la glicerina, la *triestearina*.

b) *Ácidos no nitrogenados*, ó de la serie oxálica y glicólica.—*Serie oxálica.* Su fórmula general es $C^n H^{2n-2} O^4$. Dimanan los ácidos de esta serie, por oxidación, de los ácidos grasos, de los cuales un átomo de hidrógeno ha sido sustituido por OH.—*Acido oxálico* ($C^2H^2O^4$). Es una substancia sólida, cristalizable, que funde á 98° , y se descompone fácilmente por el calor, engendrando ácido carbónico, agua y óxido de carbono. Existe normalmente en la orina combinado á la cal, es decir, formando el *oxalato de cal*, sal insoluble en agua, cristalizable, ora en octaedros (forma de sobre de cartas), ora en figura de reloj de arena con cabos redondeados (fig. 59).—*Acido succínico* ($C^4H^6O^4$). Substancia cristalizable en prismas exagonales, solubles en agua

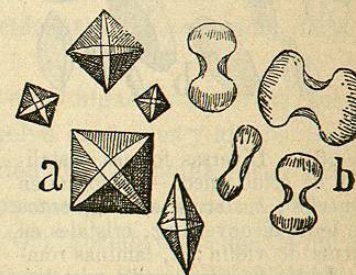


Fig. 59. — Cristales de oxalato de cal. — a, cristales octaédricos; b, cristales en forma de reloj de arena.

y alcohol. Hállase en pequeñas cantidades en la orina, hígado, timo, bazo y cuerpo tiroides.

Ácidos de la serie glicólica.—Responden á la fórmula $C^nH^{2n}O^3$, y son ácidos diatómicos monobásicos, derivados de los de la serie acética mediante la sustitución de un átomo de H por el hidróxilo (OH).—*Ácido glicólico* ($C^2H^2O^3$). No reside en el organismo, pero sí un derivado suyo, la *gricocola* ó *glicina*, que habita en la bilis bajo la forma del *ácido conjugado glicocólico*.—*Ácido láctico* ($C^3H^4O^3$). Habita en el organismo, revistiendo dos formas isoméricas: 1.º El *ácido etilidenoláctico*, del que se conocen las dos variedades: *ácido sarcoláctico*, residente en los músculos, y el *láctico* propiamente dicho, engendrado por fermentación de la

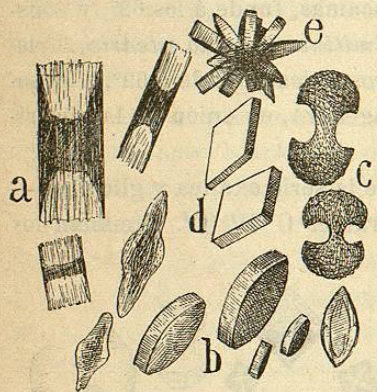


Fig. 60. — Diversas formas cristalinias de ácido úrico. — a, forma en pinceles; b, forma en segmentos de lente biconvexa; c, cristales en forma de violín; d, láminas romboidales; e, estrellas de cristales.

biconvexa, ó en láminas romboidales de ángulos redondeados. Este ácido es poco soluble en agua, más soluble en glicerina y ácido sulfúrico. Mezclando, en un vidrio de reloj, una pequeña porción de este cuerpo con ácido nítrico, y calentando después hasta sequedad, se forma una mancha amarilla, que se transforma en azul violada en cuanto se trata por la sosa ó potasa. Esta es la reacción llamada de la *murexida*.

leche, y que se encuentra en el jugo gástrico. 2.º El *ácido etilenoláctico*, yacente en los músculos, y suscitado comúnmente por la fermentación de la inosita.

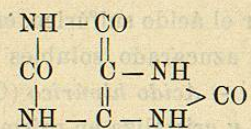
c) *Ácido úrico y sus derivados.*—*Ácido úrico* ($C^5H^4N^2O^3$). Es un cuerpo incoloro cuando puro, teñido en rojo café cuando impuro, que se obtiene de la orina, descomponiendo, á beneficio del ácido hidroclórico, los uratos de sosa, cal y magnesia. El precipitado rojizo así logrado, es ácido úrico impuro cristalizado en segmentos de lente

Como se ve, pues, el ácido úrico no se halla libre en la orina, sino combinado con la sosa, constituyendo principalmente el *urato ácido de sosa*. A este cuerpo es debida la reacción ácida normal de dicho líquido, el cual, algunas horas después de expulsado, se torna alcalino, por consecuencia de la fermentación amoniacal de la urea (producción de carbonato de amoníaco).

La constitución estructural ó fórmula racional del ácido úrico, dista mucho de ser bien conocida.

Las fórmulas dadas por Baeyer, Erlenmayer, Mulder, Strecker y Medicus, explican bastante bien las reacciones, pero ninguna puede aceptarse como positiva.

La más verosímil parece la siguiente, imaginada por Musculus.



Alantoina ($C^4H^6N^2O^3$).—Substancia incolora cristalizabile en prismas romboédricos, poco solubles en agua, más en los álcalis. Prodúcese por oxidación del ácido úrico en presencia del permanganato de potasa.

Guanina ($C^5H^5NO^3$).—Existe en el hígado y páncreas. Insoluble en el alcohol y éter. Se disuelve en ácidos y álcalis. Su origen se refiere á la descomposición de la nucleína. — *Xantina* ó *hipoxantina*. Encuéntranse estos cuerpos en la orina y en muchos tejidos. — *Carnina* ($C^7H^8N^2O^3$). Forma parte de los músculos, y figura en el extracto de carne. — *Aloxana* ($C^4H^2N^2O^4$). No habita en el organismo, pero sí uno de los productos de descomposición de ella, el *ácido oxalúrico*, que ha sido hallado en la orina.

d) *Amidas.*—Son resultado de la desasimilación de las materias albuminoides. Figuran constantemente en los tejidos y líquidos excrementicios, y poseen una composición cuaternaria.

Urea (CH^4N^2O).—Habita en la sangre, pero sobre todo en la orina, en cuya composición entra en proporción de 2 ó 3 por 100.

Es un cuerpo incoloro, neutro, cristalizable en prismas de cuatro facetas acabados por planos oblicuos. Se disuelve perfectamente en agua y alcohol, pero no en el éter. Combinase predilectamente con los ácidos nítrico y oxálico, constituyendo las sales *nitrato* y *oxalato de urea*. Créese que la urea proviene del ácido carbónico (no debe confundirse con el anhídrido, CO^2), ácido téórico (CH^2O^5) que no ha sido aislado aún, y del cual dos oxhidrilos (OH) serían sustituidos por NH^2 .

e) **Ácidos amídicos.**—Son cuerpos azoados que poseen el doble carácter de ser ácidos y bases débiles. — *Leucina* ($\text{C}^6\text{H}^{15}\text{NO}^2$). Sustancia cristalizable en laminillas nacaradas, á veces agrupadas en estrellas, soluble en agua y en amoníaco, poco soluble en alcohol y nada en éter. Hállase en el páncreas, hígado, riñones, etc.—*Glicocola* ($\text{C}^2\text{H}^5\text{NO}^2$). Esta sustancia, que se obtiene tratando la gelatina por el ácido sulfúrico, cristaliza en prismas romboédricos, de sabor azucarado, solubles en agua, casi insolubles en éter y alcohol. — *Acido hipúrico* ($\text{C}^9\text{H}^9\text{NO}^3$). Se extrae de la orina del caballo, y cristaliza en prismas cuadrangulares, terminados por dos facetas oblicuas. — *Butalanina* ($\text{C}^5\text{H}^{11}\text{NO}^2$). Cristaliza en agujas prismáticas, incoloras. Según Gorup-Besanez, reside en el páncreas y bazo. Pueden considerarse también como ácidos amídicos: la *creatina* ($\text{C}^4\text{H}^9\text{N}^3\text{O}^2$), residente en el cerebro, músculos y sangre, soluble en agua, insoluble en alcohol y éter, cristalizable en prismas romboidales; la *creatinina* ($\text{C}^4\text{H}^7\text{N}^3\text{O}$), sustancia de reacción alcalina, cristalizable en prismas romboideos oblicuos, soluble en agua y habitante en los músculos, orina, etc. Citemos aún: la *cistina* ($\text{C}^3\text{H}^7\text{NSO}^2$), que difiere de los cuerpos anteriores por contener azufre; la *taurina* ($\text{C}^2\text{H}^7\text{NSO}^5$), parecida á la anterior y residente en el intestino; la *tirosina* ($\text{C}^9\text{H}^{11}\text{NO}^3$), producto de descomposición de las materias albuminoides (algunos autores la incluyen en las sustancias aromáticas) y que reside en el páncreas, hígado, bazo, timo, etcétera.

f) **Éteres de la glicerina.**—Son combinaciones de los ácidos grasos con la glicerina; las principales son: la *tripalmitina*, la *trioleína* y la *triestearina*. Las grasas neutras son incoloras, sin olor ni sabor, con reacción alcalina, insolubles en agua, pero

solubles en la bencina, éter, alcohol hirviendo, etc. En presencia de las bases forman jabones, combinándose el ácido graso con aquéllas y quedando la glicerina en libertad. Residen las grasas neutras en las células adiposas, tubos nerviosos y productos de las glándulas sebáceas y mamarias.

Lecitina ($\text{C}^{44}\text{H}^{50}\text{NPhO}^5$). — Sustancia fosforada que se considera como un *fosfoglicerato de neurina*, puesto que da por descomposición el ácido *fosfoglicérico* (combinación de la glicerina y ácido fosfórico) y la *colina* ó *neurina* ($\text{C}^5\text{H}^{15}\text{NO}^2$). Existe la lecitina en el tejido nervioso, hematies, cristalino, zoospermos, bilis, etc. Cuando pura, se presenta blanca, apenas cristalizable; en el agua se hincha, formando grumos globulosos; es soluble en las grasas, cloroformo, bencina, sulfuro de carbono, etc. Tiene de común con las grasas la propiedad de eliminar glicerina por la saponificación.