

## CAPÍTULO II

### SUBSTANCIAS PROTÉICAS

**Propiedades generales de los albuminoides. Albuminoides propiamente dichos. Substancias colágenas. Materias colorantes y fermentos.**

Son los más importantes factores de construcción de los tejidos, localizándose preferentemente en el interior de las células. No se conoce del todo la naturaleza y el número de las especies protéicas; lo que se debe á sus rápidas metamorfosis, á sus estados isoméricos y á la dificultad de aislarlas sin hacerlas sufrir ninguna descomposición.

**Propiedades generales de las materias albuminoides.** — Estas substancias pertenecen al grupo de las coloides de Graham, son amorfas y desvían la luz polarizada á la izquierda. Afectan dos estados: el *líquido* que muchos consideran, no como una disolución sino como una hinchazón de la molécula albuminoide en presencia del agua; y el *insoluble ó coagulado*.

Reina mucha incertidumbre tocante á la fórmula estructural de los albuminoides. Dáse, no obstante, por verosímil, que la molécula de la albúmina es de gran dimensión y entraña varios grupos atómicos pertenecientes unos á la serie grasa, otros á la aromática (Landois). Beaunis imagina la molécula albuminoide compuesta de la agregación de tres grupos atómicos: el núcleo azoado ANH; el hidrocarbonado HCOH ó el graso CH<sup>2</sup>, y el núcleo aromático C<sup>6</sup>H<sup>4</sup>, á los cuales podrían todavía asociarse otros radicales accesorios. Esta estructura explicaría las descomposiciones de la albúmina, así como sus reacciones principales.

En cuanto á la composición centesimal, sería, según Würtz: Carbono, 52,7 á 54,5; hidrógeno, 6,9 á 7,3; nitrógeno, 15,4 á 17,0; oxígeno, 20,9 á 23,5; azufre, 0,8 á 2,2.

Hé aquí las propiedades generales y reacciones de los albuminoides:

**Coagulación.** — Coagúlanse los albuminoides disueltos bajo la influencia del calor y del alcohol. El mismo efecto provocan los ácidos minerales concentrados, el tanino, el ácido pícrico, el bicloruro de mercurio y el acetato de plomo. El ácido acético puro no los precipita, excepto la caseína y sintonina; pero la mezcla de dicho ácido con el ferrocianuro potásico, es un buen precipitante.

**Disolución.** — Algunos albuminoides son solubles en los líquidos orgánicos; pero los más deben su solución á la presencia de sales (cloruro de sodio, etc.), ó la de materias alcalinas. Las legías de sosa y potasa disuelven las materias protéicas, engendrando lo que se llama *albuminatos alcalinos*. A favor de la digestión péptica y trípica, los albuminoides insolubles se hacen solubles (peptonas).

**Reacciones.** — 1.º *Reacción de Millon*: Calentados los albuminoides en presencia del nitrato mercurioso, adquieren un matiz rojo intenso. 2.º *Reacción xantoprotéica*: la solución de un albuminoide adicionada de ácido nítrico, adquiere por la ebullición color amarillento, que pasa á rojo naranja si se añade amoníaco. 3.º *Reacción de Fröhde*: el ácido sulfúrico mezclado con el molíbdico, tiñe los albuminoides coagulados en azul. 4.º *Reacción de Adamkiewitz*: los albuminoides disueltos en ácido acético, toman color violado si se tratan por el ácido sulfúrico fuerte. 5.º *Reacción de Axenfeld*: una gota de ácido fórmico, más tres gotas de cloruro de oro al 1 por 100, mezcladas á un líquido albuminoide, producen un color rosa que pasa á púrpura, acabando por suscitarse un precipitado azul intenso.

Divídense las substancias protéicas en *albuminoides propiamente dichas*, *materias colágenas* ó derivados albuminoides, *substancias colorantes y fermentos*.

**Albúminas.** — *Serum-albúmina*. — Llamada así por hallarse disuelta en el suero de la sangre y linfa, es una substancia amorfa, soluble en agua, coagulable por el calor, ácidos minerales y sales metálicas. Sus soluciones son alcalinas y desvían la luz polarizada á la izquierda. Su propiedad de coagular por

el calor (70°), se debe á las sales que la acompañan ; privada de ellas, no coagula.—*Albúmina del huevo*. Es semejante á la anterior, de la que se distingue por precipitar más fácilmente por el calor, por tener menor poder rotatorio (= -35,5, cuando el de la serum-albúmina es = -56°), y por ser dialisable ó exudable cuando se inyecta en los vasos (la albúmina del suero no es exudable).—*Albúmina muscular*. Es parecida á la de la sangre, á excepción de su punto de coagulación por el calor, que es de 47°. *Alcali-albúminas*. Tratada la albúmina por la sosa, potasa, bari- ta, etc., fórmanse combinaciones que han tomado el nombre de *albuminatos alcalinos*. Estos cuerpos son solubles en agua, precipitables por los ácidos, pero no por el calor.—*Acid-albúminas*. En presencia del ácido hidroclicórico, la albúmina se transforma en una materia soluble en agua clorhídrica, insoluble en los líquidos neutros y precipitable por los álcalis.

**Fibrina**.—Trátase de una materia sólida blanco-amarillenta, dispuesta en redes de hebras microscópicas, y la cual constituye la mayor parte del coágulo de la sangre y linfa. Se acepta como probable que semejante principio no preexiste en el plasma sanguíneo, sino que se engendra en el momento de la coagulación, á favor de la combinación de dos albuminoides preexistentes : la *fibrinógena* y un *fermento* residente en los leucocitos (*trombina*). Las sales de cal coadyuvarían también al acto de la coagulación.

**Globulinas**.—Son albuminoides solubles en la solución de cloruro de sodio, insolubles en agua, coagulables á 75°, y transformables en acid-albúmina mediante los ácidos diluidos.—*Globulina del cristalino y de los hematíes*. Albuminoide no coagulable espontáneamente, pero sí bajo la influencia del calor y á una temperatura superior á la de la albúmina.—*Paraglobulina ó fibrino-plástica*. Albuminoide resistente en el plasma de la sangre, insoluble en agua pura, soluble en el agua carbónica, y en el cloruro de sodio, del cual es precipitada por una temperatura de 75°. Precipitan sus soluciones por el sulfato de magnesia. Según Hammasten, la proporción de fibrino-plástica de la sangre, subiría al 3 por 100.—*Fibrinógena*. Es muy semejante á la anterior, y reside también en el plasma sanguíneo, en el linfático, en la serosidad del hidrocele, pericardio, etc. Coagula de 52

á 56° y precipita completamente por las soluciones fuertes de cloruro de sodio, lo que no ocurre cen la fibrino-plástica.

**Miosina**.—Substancia que forma una parte de la materia birefringente del músculo, del cual se extrae por presión. Coagúlase espontáneamente después de la muerte, lo que suscita el fenómeno de la rigidez cadavérica. Disuélvese en las soluciones concentradas de cloruro de sodio, coagula á 55° y descompone en frío el agua oxigenada. Es soluble en las soluciones de cloruro amónico, propiedad que se aprovecha para extraer la miosina del músculo fresco.

**Caseína**.—Reside en la leche, á la cual da la propiedad de ser coagulable por los ácidos y por el fermento del *cuaajo* de los rumiantes. Contiene fósforo, circunstancia que la aproxima á la nucleína. Es insoluble en agua pura, pero no en la leche, donde se mantiene en estado líquido, gracias al fosfato de potasa. Enrojece el papel de tornasol.

**Peptonas**.—Son el resultado de la acción de los fermentos digestivos sobre las materias albuminoides coaguladas ó en estado de semifluidéz. Se discute todavía el número y cualidades de las peptonas.

En general, se trata de cuerpos amorfos, transparentes, que, cuando recientemente precipitados, se liquidan á temperatura de 80 á 90°, para volver á solidificarse como las soluciones de gelatina al enfriarse. Las peptonas son dialisables, incoagulables por el calor, fácilmente solubles en agua, imprecipitables en soluciones débiles por el ácido nítrico, así como por el alcohol y el sulfato de cobre; pero precipitables por el bicloruro de mercurio, el tanino, el acetato de plomo, etc. Conócense varias especies de peptonas, entre ellas, las *peptonas* A, B y C de Miescher; la *propeptona* de Schmidt-Möldheim; los grupos de *anti-peptonas* y *hemipeptonas* de Kühne, etc. Estos cuerpos, que abundan en el tubo digestivo y sangre, son estudiados minuciosamente por la química biológica; ellos representan la matriz de todas las materias protéicas del organismo.

## DERIVADOS DE LOS ALBUMINOIDES

**Nucleína.** — Este cuerpo, que encierra ácido fosfórico, reside especialmente en el armazón cromático de los núcleos; se hincha en el agua sin disolverse; es soluble en los álcalis diluïdos y en los ácidos fuertes, pero insoluble en los flojos (acético, fórmico, etc.). El cloruro de sodio al 10 por 100, lo transforma en masa difuente. Según Kössel, la nucleína es una combinación de la albúmina con el *ácido nucléico*.

**Plastina.** —Materia albuminoide sólida, residente en el retículo ó espongioplasma del cuerpo celular. Es insoluble en ácido hidroclórico diluïdo, agua, alcohol, éter y cloruro de sodio al 10 por 100. Resiste á la acción de las bases y jugo gástrico artificial, pero llega á disolverse en el ácido clorhídrico concentrado.

*Linina, paralinina, pirenina, anfpirenina*, son derivados albuminoides no bien conocidos todavía, que residen respectivamente en el armazón acromático, jugo interfibrilar, nucleolos verdaderos y membrana acromática de los núcleos. En la química celular hablaremos de ellos.

**Colágena.** — Así llamada por engendrar jalea por la cocción; reside en el tejido óseo y conectivo. La *gelatina* en que dicha substancia se convierte por la ebullición, es una materia incoagulable por el calor, soluble en agua caliente y precipitable por el cloruro mercúrico, tanino, ácido metafosfórico, etc. Su poder rotatorio es  $= -130^\circ$ .

**Condrina.** — Habita en la materia fundamental del cartilago y tejido de la córnea. Discrepa de la *gelatina* por precipitar por los ácidos el nitrato de plata, el sulfato de hierro, etc. Recientes experimentos de Mörner, Kössel, etc., parecen demostrar que la condrina no es una individualidad química, sino el producto de la unión del *ácido condrotico* con la albúmina y álcalis. El poder rotatorio de la condrina es  $= -213^\circ$ .

**Elastina.** —Materia caracterizada por su gran resistencia á los ácidos y á los álcalis; reside en las fibras y membranas elásticas. Según Horbaczewski, la elastina es digestible por la pepsina y ácido hidroclórico, desdoblándose en dos materias: la *peptona* de la *elastina* y la *hemielastina*.

**Keratina.** —Es un cuerpo también muy resistente á los reactivos que reside en los pelos, uñas y epidermis córneo. Insoluble en agua y alcohol, se disuelve en caliente en los álcalis cáusticos. El ácido sulfúrico hincha la keratina y acaba por descomponerla, dejando en libertad cierta cantidad de leucina y tirosina.

**Neurokeratina.** —Por el método de las digestiones histológicas, Kühne y Ewald han aislado un cuerpo insoluble en frío, en potasa y ácido sulfúrico, é inatacable además en la pepsina y tripsina. La semejanza de propiedades que este cuerpo tiene con la keratina y el hecho de hallarse exclusivamente en los tubos nerviosos, le han valido el nombre de *neurokeratina*.

**Mucina.** —Así se califica la materia mucilaginoso característica del moco y de la sinovia; se encuentra también en el interior de las células caliciformes del intestino y glándulas, así como en la materia fundamental del tejido conectivo embrionario. No es soluble en agua, pero se hincha en este líquido, revistiendo aspecto gelatinoso. Precipita en copos por el alcohol, y, por el ácido acético, en una materia viscosa que se deja estirar en hebras. Un exceso de este último reactivo la redissuelve.

## SUBSTANCIAS COLORANTES

**Hemoglobina.** — Constituye la materia colorante de los glóbulos rojos, y quizás también la de las fibras musculares estriadas. Su composición centesimal es, según Hüfner,  $C^{54,71} - H^{7,38} - N^{17,43} - S^{0,479} - Fe^{0,399} - O^{19,602}$ ; pero su fórmula de estructura es desconocida. La hemoglobina es el único albuminoide cristalizante, ofreciendo la particularidad de no cristalizar con igual facilidad, ni bajo las mismas formas geométricas, en todos los vertebrados. Así, en el hombre, cristaliza en láminas y prismas romboidales; en el conejo de Indias, en tetraedros, y en la ardilla en láminas exagonales. La hemoglobina es soluble en agua, insoluble en cloroformo, éter y alcohol. Vista al espectroscopio, exhibe dos bandas de absorción entre la raya *D* y *E* (oxihemoglobina).

La hemoglobina se halla en el organismo en dos estados: en

la sangre arterial aparece combinada con el oxígeno (*arterina* ú *oxihemoglobina*), y en la sangre venosa yace en estado de reducción (*flebrina* ó *hemoglobina reducida*). Esta última exhibe al espectroscopio, entre las rayas *D* y *E*, una sola banda oscura (*banda de reducción* de Stokes).

**Hematina** ( $C^{55}H^{52}N^4FeO^4$ ).—Es una materia morena, incristalizable, que se considera como resultado del desdoblamiento de la oxihemoglobina. Insoluble en agua, alcohol y éter, goza de solubilidad en los álcalis y en el alcohol mezclado con ácido sulfúrico. Hay varias especies de hematinas: la *hematina ácida*, la *alcalina*, la *reducida*, etc.

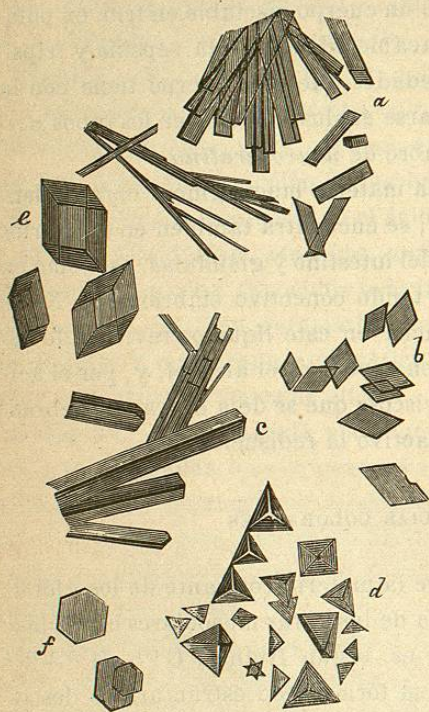


Fig. 61.—Cristales de hemoglobina.—*a* y *b*, cristales de la sangre venosa del hombre; *c*, cristales de la sangre del gato; *d*, del conejillo de Indias; *e*, del castor; *f*, de la ardilla (según Frey).

y birefringentes, afectan la figura de láminas romboédricas alargadas, á menudo dispuestas en estrellas. Se obtiene la hemina diluyendo una gota de sangre ó una costra sanguínea seca, á favor del ácido acético, y en presencia de una pequeña cantidad de cloruro de sodio. Después de evaporar á un suave calor, el exa-

men micrográfico denuncia en la masa sanguínea desecada los cristales característicos del clorhidrato de hematina. Este proceder tiene suma importancia en medicina legal, pues permite identificar las manchas de sangre.

**Hematoidina** ( $C^{17}H^{18}N^2O^5$ ).—Cuando la sangre se extravasa y permanece secuestrada largo tiempo en el tejido conectivo, fórmanse, á expensas de la hemoglobina, unos cristales de color rojo naranja, de forma de tablas romboidales, solubles en cloroformo y sulfuro de carbono, pero insolubles en agua. La hematoidina carece de hierro. Muchos autores la identifican con la bilirubina.

**Hemina ó clorhidrato de hematina** ( $C^{52}H^{51}ClN^4F^3$ ).—Es otro derivado de la hemoglobina, que se presenta al microscopio bajo la forma de cristales finos color café obscuro, insolubles en agua y alcohol, solubles en los álcalis y en ácido nítrico y sulfúrico hirviendo. Dichos cristales, que son dieróicos

men micrográfico denuncia en la masa sanguínea desecada los cristales característicos del clorhidrato de hematina. Este proceder tiene suma importancia en medicina legal, pues permite identificar las manchas de sangre.

**Hematoidina** ( $C^{17}H^{18}N^2O^5$ ).—Cuando la sangre se extravasa y permanece secuestrada largo tiempo en el tejido conectivo, fórmanse, á expensas de la hemoglobina, unos cristales de color rojo naranja, de forma de tablas romboidales, solubles en cloroformo y sulfuro de carbono, pero insolubles en agua. La hematoidina carece de hierro. Muchos autores la identifican con la bilirubina.

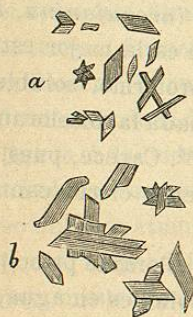


Fig. 62.—Cristales de hemina ó clorhidrato de hematina: *a*, del hombre; *b*, del cordero (Landois).

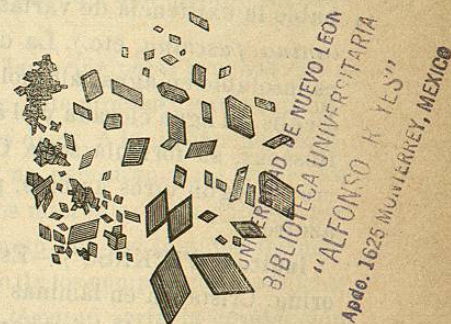


Fig. 63.—Cristales de hematoidina (Frey).

**Bilirubina** ( $C^{57}H^{56}N^4O^6$ ).—La bilis recién segregada contiene una materia anaranjada, insoluble en agua, pero soluble en cloroformo, y cristizable en prismas clinoromboédricos. Por oxidación pasa la *bilirubina*, que es el cuerpo á que nos referimos, á *biliverdina*, substancia colorante de la bilis verde, es decir, de la que se ha modificado ó por acción del aire, ó por haber permanecido mucho tiempo en la vejiga. La *biliverdina* ( $C^{52}H^{56}N^4O^8$ ) es muy soluble en alcohol é insoluble en cloroformo.

Existe una reacción característica de la materia colorante biliar: si en una solución de bilirubina ó biliverdina se echan unas gotas de ácido nítrico adicionado de una pequeña cantidad de ácido nitroso, aparece, en el punto de contacto de ambos líqui-

dos, un anillo verde, por bajo del cual, y en el espesor del licor ensayado, se suceden otros en el orden siguiente: azul, violado, rojo y amarillo (reacción de Gmelin). Un efecto parecido producen las mezclas de ácido sulfúrico y nítrico, así como la del ácido sulfúrico y nitrato de sosa. Créese que la bilirubina dimana de la materia colorante de la sangre.

**Melanina.**— Así se llama una materia amorfa ó granulosa, de color moreno negruzco, residente en el pelo, en la capa epitelial de la retina, en la coroides y en ciertos corpúsculos melánicos emigrantes del cuerpo de Malpigio. No habiendo sido aislada de un modo completo, existe cierta vaguedad en los caracteres asignados por los químicos á dicha substancia. Considérase probable la existencia de varias melaninas (*uromelanina*, *hipomelanina*, *fuschina*, etc.). La del pelo, que es la mejor estudiada, es insoluble en agua, alcohol, éter y cloroformo, soluble en los álcalis. El agua clorada y el agua oxigenada la decoloran. Según Hosaeus, su fórmula sería  $C^{442}H^5N^{92}O^{426}$ . Carece, pues, de hierro, y según otros autores, podría contener cierta cantidad de azufre.

**Indican** ( $C^8H^6KNSO^4$ ).— Es la materia colorante principal de la orina. Cristaliza en láminas brillantes, solubles en agua, insolubles en alcohol. Del indican proviene la *indigotina* ( $C^8H^5NO$ ), substancia cristalina, de color azul oscuro, insoluble en agua y álcalis diluïdos, pero solubles en cloroformo y ácido sulfúrico. Para transformar el indican en indigotina, no hay más que calentar, en contacto del aire, una solución de aquel cuerpo. Esta transformación ocurre también en las soluciones alcalinas de indican expuestas al aire.

**Rodopsina.**— Substancia purpúrea residente en los artículos externos de los bastoncitos de la retina. Su propiedad más notable consiste en palidecer bajo la influencia de la luz y regenerarse en la obscuridad. Es soluble en el agua y en la bilis; los ácidos, el alcohol y los álcalis, la decoloran.

## FERMENTOS SOLUBLES

Los fermentos se dividen en *fermentos amorfos ó solubles y fermentos figurados ú organizados*.

Los *fermentos figurados* están representados por ciertos vegetales microscópicos, tales como el *cryptococcus cerevisæ*, el *microderma aceti*, el *bacillus lacticus*, el *butiricus*, etc., cuya vida y multiplicación en los líquidos orgánicos que les sirven de campo de cultivo, constituyen la condición indispensable de la fermentación. La destrucción de estos micro-organismos suspende inmediatamente el fenómeno; igual resultado se obtiene separando el fermento figurado, á beneficio de una membrana animal, del terreno fermentescible.

Según Pasteur, al cual se deben las principales pruebas de la teoría fisiológica de la fermentación, este proceso estaría íntimamente ligado á la vida sin aire, es decir, á la de ciertas bacterias llamadas *anaerobias*, porque no necesitan para vivir del concurso del aire atmosférico. Estos microfitos, que pululan por la atmósfera, se pondrían en contacto con los líquidos fermentescibles y, substrayendo el oxígeno de los compuestos orgánicos, suscitarían desdoblamientos, cuyo término sería la producción de cuerpos de reducción (producción de alcohol en la fermentación del mosto, de ácido butírico ó láctico en las ocasionadas por el *bacillus lacticus* y el *butiricus*, etc.). Semejantes transformaciones ocurrirían, al menos en muchos casos, de un modo inmediato, es decir, sin el concurso de fermentos solubles segregados por los microfitos; pues si bien es cierto que los microbios son capaces de producir diastasas á la manera de las células glandulares, sirvenles para disolver y asimilar las substancias del medio, no para engendrar el producto principal de la fermentación, que podría, según Bechamp, compararse á las materias de desasimilación de los organismos superiores (urea, uratos, ácido carbónico, etc.).

Con todo, no faltan sabios que, sin negar el concurso de los micro-organismos y las diferencias que en punto á complejidad de productos separan ambas especies de fermentación, defienden

la doctrina de la unidad substancial del proceso. Este vendría á ser siempre provocado por la acción química de los fermentos solubles, importando poco para la esencia del fenómeno que las substancias activas sean segregadas por organismos elevados (células glandulares), ó por seres unicelulares (levaduras, microbios). En todo caso, habría una materia-fermento, intermedia al corpúsculo secretor y al líquido fermentescible. El microbio sería incapaz, por el mero hecho de nutrirse, de introducir modificaciones importantes en el medio.

Tal es la doctrina que profesan Berthelot, Hoppe-Seyler, etc., y la cual, justo es decirlo, halla poderoso apoyo en las modernas investigaciones sobre la biología de los micro-organismos saprofitos y patógenos, en muchos de los cuales ha sido dado hallar diversos *encymas*, comparables á los fermentos digestivos de los animales superiores. En pro de la naturaleza química del proceso hablan también las recientes experiencias de Buchner, quien ha aislado la *alcoholasa*, fermento amorfo, mediante el cual el *saccaromyces cerevisiae* provoca la fermentación alcohólica, fermentación que se alegaba como prueba de la doctrina pasteuriana cuando no se conocía la citada substancia intermedia.

**Fermentos solubles.** — Estos cuerpos, llamados también *encymas* por Kühne, son el producto de secreción de las células glandulares de los animales ó de ciertos órganos de las plantas. Bajo la influencia de estas materias, los principios hidrocarbonados y albuminoides insolubles, se hacen solubles y pueden atravesar el epitelio intestinal y ser absorbidos por la sangre.

Toda fermentación exige el concurso del agua y una determinada temperatura. Los ácidos débiles favorecen el proceso, mientras que los álcalis y la presencia de sales metálicas lo dificultan.

La acción de los fermentos solubles es de naturaleza química, guardando proporción la intensidad del acto fermentativo con la cantidad del fermento. En general, estos agentes parecen obrar hidratando y desdoblado las materias orgánicas.

Los fermentos solubles pasan por albuminoides, aunque no se conoce perfectamente su composición. Una temperatura de 100°

los desnaturaliza. Son amorfos, solubles en agua, precipitables por el alcohol y el acetato de plomo, y gozan de gran afinidad por el oxígeno.

Los principales fermentos, son : la *diastasa salival*, que transforma el almidón en dextrina y glucosa ; la *pepsina*, fermento del jugo gástrico que metamorfosea los albuminoides coagulados en peptonas; la *tripsina*, fermento del jugo pancreático, que obra de manera análoga ; la *invertina*, fermento del hígado y tubo intestinal, destinado á cambiar el azúcar de caña en azúcar invertido ; el *fermento de la fibrina*, yacente quizá en las plaquetas ó en los leucocitos, como afirma Schmidt, y provocador del fenómeno de la coagulación de la sangre, etc.