

CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES DE FISIOLOGÍA

POR

M. FOSTER

BACHILLER EN ARTES, DOCTOR EN MEDICINA, MIEMBRO DE LA REAL
SOCIEDAD, DEL COLEGIO DE LA TRINIDAD, DE CAMBRIGIA

CON LÁMINAS

NUEVA YORK

D. APPLETON Y CÍA., LIBREROS-EDITORES

ANGEL ESTRADA

AGENTE GENERAL PARA EL RIO DE LA PLATA

Buenos Aires, Moreno, 225-229 Montevideo, Casa A. Beduchaud, Sarandí, 177

CARTILLAS CIENTÍFICAS, *compuestas*
por los Profesores HUXLEY, ROSCOE, *y*
BALFOUR STEWART

V

NOCIONES DE FISIOLOGÍA

693

CARTILLAS CIENTÍFICAS

725



NOCIONES DE FISIOLÓGÍA

Duplicado
5778

POR

M. FOSTER

BACHILLER EN ARTES, DOCTOR EN MEDICINA, MIEMBRO DE LA REAL
SOCIEDAD, DEL COLEGIO DE LA TRINIDAD, DE CAMBRIGIA

1908

CON LÁMINAS



NUEVA YORK
D. APPLETON Y COMPAÑÍA
549 BROADWAY 551

1880

101X751

COPYRIGHT BY
D. APPLETON & COMPANY.
1879.

DOS CARTAS QUE PUEDEN SERVIR DE PRÓLOGO.

NUEVA YORK, *Octubre 28, de 1876.*

SR. DR. DON G. RAWSON.

Muy Señor nuestro: Muchos Profesores, de los países hispano-americanos, nos han manifestado el deseo de ver publicadas en castellano las obritas que forman la coleccion de los "Science Primers" (Cartillas Científicas), tan populares en este país y en Inglaterra.

Como nadie mejor que V. puede juzgar si dichos trataditos convendrían para aquellas escuelas, le estimaríamos á V. se sirviese examinar los tomos que nos tomamos la libertad de enviar á V., y comunicarnos su opinion.

Rogamos á V. se digne disimular la molestia; y quedamos, con la mas distinguida consideracion, de V. SS. y atentos SS. y affmos. amigos,

D. APPLETON Y CA.

NUEVA YORK, *Nov. 8, de 1876.*

SRES. D. APPLETON Y CA.

Muy Señores mios: Los nombres de los distinguidos Profesores bajo cuya direccion se han preparado y publicado los libros de ciencia elemental acerca de los cuales se sirven Vds. pedirme opinion, bastan para recomendarlos: sin embargo, he querido examinar por mí mismo los tres que me remi-

ten, y que son parte de la coleccion, para poder contestar á Vds. con mi propio juicio.

Puedo afirmar, Señores, que rara vez se ven consignados en tan breve espacio y con tanta simplicidad los principios rudimentarios de una ciencia. La precision y claridad de las definiciones, y la sencillez, facilidad y eficacia de los experimentos sugeridos, nada dejan que desear para su objeto. Creo, pues, que la publicacion en español de estas cartillas científicas, como Vds. las llaman, será un servicio importante para los pueblos que hablan esa lengua, y particularmente para las Repúblicas Sud-Americanas. La teoría de que la instruccion científica debe comenzar en la escuela primaria para desenvolverse en los grados ascendentes de la enseñanza, está prácticamente adoptada en los programas de educacion comun en la República Argentina, y tal vez en algunas de las otras de Sud-América: de suerte que la publicacion que Vds. intentan va á servir directamente para una necesidad ya sentida.

Agregaré que estimo en tanto el mérito de estos libritos, como elementos de ciencia popular, que me permito anunciarles favorable acogida, no sólo en las escuelas sino tambien en las familias, entre las cuales pueden difundir los útiles conocimientos y el espíritu de investigacion que ellos encierran.

Contestada así la carta que se han servido Vds. dirigirme, quedo, con toda consideracion,

De Vds. atento Servidor,

G. RAWSON.

UN JUICIO INTERESANTE SOBRE LAS “CARTILLAS CIENTÍFICAS.”

CARTA DEL SR. P. GROUSSAC,
DIRECTOR DE LA E. NORMAL NACIONAL DE TUCUMAN.

Mayo 16 de 1879.

SEÑOR D. ANGEL ESTRADA,

Agente General de los Sres. D. APPLETON Y CA.

Estimado señor y amigo: La lectura de los nuevos textos suele ser para mí un deber penoso : le doy las gracias por haberme proporcionado una tarea agradable.

Una de las obras que me ha mandado, es debida al profundo investigador de la “*Conservacion de la energíá*” ; el autor de la segunda es el sucesor, el heredero intelectual de Cobden, en Manchester. Además, los editores norte-americanos ostentan en la primera página, á guisa de premio honorífico, el *satisfecit* del Dr. Rawson. En tales condiciones, la aprobacion de un desconocido tiene algo de impertinente.

Sin embargo, no se trata aquí tanto del mérito absoluto de aquellas obras, cuanto de su adaptacion á nuestra enseñanza. Puedo entónces dar mi opinion, como lo haria un trabajador acerca de la calidad de sus herramientas.

Mi primera impresion es envidiar la suerte de los niños de hoy ; tan diferente de la nuestra !

Desde que Pestalozzi declaró sagrados los instintos naturales, y de valor inapreciable para la educacion el misterioso aletear de las facultades infantiles,—artistas y pensadores procuraron á porfía, hacerles cada vez más suaves y floridas las sendas del saber.

En tiempos pasados, se azucaraba la ciencia *ad usum Delphine*. La edicion destinada á un Luis de Francia, inepto y rudo, costó cuatrocientas mil libras : entre tanto morian los hijos de los pobres sin conocer más libro que el misal, cuyas tapas les era dado contemplar una vez por semana, en misa.

Hoy, son nuestros *delfines* todos los hijos del pueblo—y por centenares de millones se cuentan las sumas anualmente invertidas en su educacion.

Libros lujosos, mapas, grabados, colecciones, llenando escuelas alegres que parecen hogares, y universidades que parecen palacios ; métodos luminosos y fecundos ; tratados clásicos interesantes como cuentos de hadas ; juguetes que son maravillas del arte ; aparatos científicos cien veces más divertidos y sorprendentes que juguetes : todo eso dado gratuitamente, nos parece apénas suficiente, y cuando aún así se resisten á ilustrarse, culpamos á nuestros textos y aparatos de áridos é imperfectos.

Grandes talentos coronan su gloriosa existencia, dedicándoles las sabrosas producciones de su otoño : Guizot y Michelet les enseñan historia, y Hugo, el viejo luchador, enseña *el arte de ser abuelo*....

Hé aquí ahora que Huxley, Jevons, Spencer, Stewart, Roscoe —una pléyade de pensadores—abandonan sus laboratorios para dedicarles los “Cuentos del hogar” de la ciencia.

En verdad, lo repito, nuestros hijos han llegado á buena hora !

No hemos sido quizás ménos queridos que ellos—pero seguramente hemos sido ménos respetados.

De ese respeto profundo por el niño (*puero reverentia*), son nuevo testimonio las dos “cartillas científicas” que tengo á la vista : excelentes—bajo cualquier aspecto que se las examine. La impresion esmerada, los grabados, hasta el papel algo sombreado : todo está calculado sábiamente y ejecutado como por esos inventores del *comfort*. La traduccion no se parece, ni mucho ménos, á esas garzales de barbarismos de tantos textos clásicos : es correcta y hasta elegante.

El estilo es perfecto : refleja el objeto descrito con la exactitud luminosa de un espejo. Ha escrito Taine que Thiers era capaz de hacer entender la Economía Política á un muchacho iletrado : Jevons ha resuelto el problema.

Creo poder afirmar que en nuestra escuela de aplicacion, con el texto de Jevons y la explicacion oral de un profesor medianamente inteligente, los niños de doce á catorce años llegarán á *saber*, á *comprender* las leyes económicas más culminantes.

De las doctrinas no hay que hablar. Jevons ha sucedido á Ricardo Cobden en el Ateneo de Manchester, cuna de la gran liga libre-cambista : en ese emporio industrial donde todos los coeficientes de la riqueza son cuestiones vitales, sometidas al exámen escrupuloso y al diario experimento.

Será tal vez conveniente omitir en nuestras escuelas, los capítulos referentes á las huelgas y salarios,

que dan la solución de un problema social (exceso de población) exactamente opuesto al que tenemos que resolver.

Las "Nociones de Física" no son menos dignas de encomio. Puede decirse que Balfour Stewart se ha mostrado inventor en la simplificación. Modelos de exposición científica y de sagacidad son las explicaciones y experimentos acerca de las fuerzas naturales.

Sólo los sábios de esa talla saben inclinarse y ponerse á nivel de las frentes infantiles.

Sé que los tratados subsiguientes están concebidos en el mismo espíritu y confiados á hombres no menos ilustres.

Ved ahí realizado el deseo de Herbert Spencer : la introducción de la enseñanza científica en la escuela primaria. La ciencia, "*que es el saber más útil,*" según este pensador inglés, no será ya para los pequeños, un misterioso palacio inaccesible, cuyas ventanas alumbradas están más arriba que el vulgo á quien deslumbran sin utilidad. Ahora, las puertas se abren para los profanos, y las ventanas se bajan á su nivel.

Ese mundo de elaboración humana, formado con los elementos del mundo de Dios, y parecido á éste, como el bosquejo del aprendiz al cuadro sublime del gran maestro, sirve para admirar más al segundo y comprenderlo mejor. El péndulo del reloj ha servido para dar la mejor demostración del movimiento diurno ; la causa de los vientos no ha tenido demostración más clara y grandiosa que el túnel del Mont-Cenis. En este siglo, no hay más

explicacion satisfactoria que la científica. Sin referirme á las grandes conquistas científicas, que deberia ser vergonzoso emplear diariamente sin comprenderlas,—¡ cuántos experimentos efectuamos ciega y maquinalmente, en un solo dia y sin salir de nuestra casa !—La tuerca del péndulo que se levanta para apurar al reloj perezoso ; las gotas que resbalan en verano á lo largo del botellon de agua *frappée* ; el terron de azúcar que embebe la gota de café : hé aquí tres incidentes diarios que por vulgares no llaman la atencion. Sin embargo, el primero contiene la inmensa teoría del centro de gravedad ; el segundo revela el misterio del rocío, y el tercero obedece á la misma ley que el fenómeno fisiológico de la absorcion. Me atrevo á creer que muchos padres de familia, áun de los que van á la Bolsa y á la Ópera, no darian de aquellos hechos una explicacion satisfactoria á un niño curioso y pregunton.

En adelante, los niños que no pasen por las universidades, no llegarán á hombres sin conocer algo de la naturaleza y de la humana labor : no habrá, por ejemplo, estancieros que acepten resignados la influencia despótica de la luna nueva sobre nuestra atmósfera, ó negociantes que ignoren la periodicidad decenal de las crisis comerciales.

Las nociones científicas adquiridas en la escuela no son ménos importantes para los futuros estudiantes de enseñanza secundaria y superior : desde luégo se diseñarán las aptitudes ; la eleccion de la carrera será ménos librada al acaso y al capricho,—pudiendo así aplicarse con provecho, el principio

económico de la division del trabajo segun la adaptacion personal.

La iniciacion temprana en la ciencia, la familiaridad de sus hechos culminantes facilita sobremanera su completa adquisicion ulterior.

Creo firmemente que para surcar el desierto de la ignorancia, debe el educacionista imitar á los grandes canalizadores del istmo de Suez. Abrióse primero, de Port-Saïd al Serapeum, una acequia estrecha que facilitó el trasporte del enorme material y fué como el vivo trazado del futuro canal de cien metros de ancho ; tomándose así un *avant-goût* de los beneficios que la obra colosal reportaria, y de los obstáculos que el genio del hombre habria de vencer.

En el primer pedido de textos que formule para esta escuela de Aplicacion, tendré la satisfaccion de incluir las "*Cartillas científicas.*"

Felicito por tal iniciativa al hombre de estudios que hay en V. bajo el hombre de negocios, y me repito

S. S. S. y affmo. amigo—

P. GROUSSAC.

ADVERTENCIA DEL AUTOR

ESTA cartilla intenta explicar de la manera más sencilla posible algunos de los hechos más importantes y generales de la Fisiología, y puede tomarse como una introducción á las “Lecciones elementales,” del Profesor Huxley.

Para mis descripciones y explicaciones he supuesto que el lector está dispuesto á poner sus manos en cosas tales como un conejo muerto ó un corazón de carnero, para examinarlas ; y he escrito de acuerdo con mi suposición. Lo he hecho con toda intención, por el convencimiento cada vez mayor que tengo de que es necesaria la observación real y efectiva de las estructuras para aprender con solidez la Fisiología, siquiera sea la elemental, como lo son los experimentos para la química. Al mismo tiempo he procurado hacer inteligible mi tratado para aquellos que creen menos fatigoso leer descripciones verbales que observar las cosas por sí mismos.

Parecía más de desear en obra tan elemental insistir, aún á riesgo de repeticiones, en unas pocas verdades fundamentales, que pretender tratar por encima todo el ancho campo de la Fisiología. Por esta razón he omitido cuanto hace relación á los sentidos y á las funciones del sistema nervioso, refiriéndome someramente á unos y otros en el artículo final, pues el lector debe hacer esos estudios en las “Lecciones elementales.”

NOCIONES DE FISIOLÓGÍA

INTRODUCCION—I.

1. ¡Quién no se habrá detenido un momento maravillado, en un día de invierno, cuando el terreno se endurece como la piedra, están helados los estanques, y todo frío y tieso, y cuando se va corriendo por el camino ó patinando en el hielo, á hacerse estas dos preguntas!—¿Por qué tengo yo tanto calor cuando todas las cosas que me rodean: el suelo, los árboles, el agua y el aire, están tan frías? ¿Cómo sucede que yo me muevo, corro, ando, salto, cuando nada de lo que mi vista alcanza se mueve absolutamente, con la excepcion acaso de algun pájaro perdido que en vano busca el alimento?

A estas dos preguntas nadie puede responder de una manera completa; pero sí es posible contestarlas en parte, y el conocimiento que á esto nos ayuda se llama *Fisiología*.

2. *Puede uno moverse por su propia voluntad.* No es necesario que uno espere, como las ramas ó las hojas de los árboles, á que el viento lo mueva,

ó como las piedras, á que alguno lo arroje. También el pájaro puede moverse por impulso propio, y lo mismo el perro, y lo mismo todo animal en tanto que está vivo. Si se deja una piedra en un sitio marcado, se espera volverla á encontrar allí cuando se vuelva al mismo sitio, trascurrido algun tiempo, y si no se la encuentra, se dice que álguien ó alguna cosa la ha movido ; pero si se pone un jilguero ó un raton en el césped, se sabe ya que ántes de volver uno la espalda, se habrá escapado.

Todos los animales se mueven por sí mismos ; pero solamente miéntras están vivos. Cuando se encuentra el cuerpo de una culebra en el campo, lo primero que se hace es moverla con una vara : si solamente se mueve por el movimiento que la vara le imprime, y miéntras se lo imprime, de la misma manera que lo haria un pedazo de cordel, entónces se dice que está muerta ; pero si al tocarla se mueve por sí misma, se agita, y quizás acaba por escurrirse y marcharse, entónces se sabe que está viva. Todo animal vivo, de cualquier clase que sea, desde el hombre al animal más pequeño que náda en una gota de agua y que no es visible sin ayuda del microscopio, se mueve por sí mismo. Si se le deja abandonado á sí propio, se mueve y se detiene, se detiene y se mueve : si se le menea con alguna cosa, se escapa, corriendo, volando, arrastrándose, escurriéndose ó nadando.

Algo muy parecido sucede á veces con las cosas que no tienen vida. Cuando con cuidado se coloca una piedra en equilibrio en la parte superior de una pared elevada, un mero toque de nada, la enviará

rodando al suelo ; pero al llegar allí, se detiene, y si se quiere repetir el hecho hay que volver á subir la piedra y colocarla otra vez encima de la pared. Sabido es que hay ratones de juguete que cuando se les toca en un sitio determinado, se escapan espontáneamente, al parecer como si estuvieran vivos ; pero pronto se detienen, y cuando se han detenido, de nuevo puede tocársele una y otra vez sin hacerlos que se muevan, y hay que volver á darles cuerda para que se pongan en movimiento como ántes lo hicieran, y cuantas veces se quiera que corran, es indispensable volver de nuevo á darles cuerda. Los animales vivos se mueven y vuelven á moverse, y sin embargo no hay necesidad de darles cuerda, porque siempre se la están dando ellos mismos. Y ciertamente que conforme vayamos adelantando en nuestros estudios, iremos considerando nuestros cuerpos y los de todos los animales, como piezas de delicada maquinaria con toda clase de resortes, que siempre están andando y siempre tambien dándose cuerda, para que ésta no se gaste ni concluya.

3. *Se siente calor* ; un delicioso calor, áun en el dia más frio del invierno, cuando se ha corrido mucho ; se tiene mucho calor si se está bien envuelto en abrigos, los cuales, se diria que impiden que el frio éntre, cuando lo que hacen en realidad es impedir que el calor salga. La cama en que uno se acuesta por la noche está fria ; pero al levantarse por la mañana está caliente. El cuerpo es tan bueno como el fuego, se calienta á sí mismo y da calor á todo lo que está inmediato.

El pájaro tambien tiene calor, y lo tienen el perro y el caballo, y todos los animales de cuatro patas que se conocen. Sin embargo, hay algunos, como los reptiles, ranas, peces, caracoles, insectos y los semejantes á éstos, que no parece al tacto que tengan calor, y que en realidad tienen un poco, y adquieren mucho algunas veces. Si se colocara un termómetro en una colmena de abejas, cuando están ocupadas en sus trabajos, se veria que ciertamente tienen calor. Todos los animales lo tienen en mayor ó menor cantidad, miéntras están vivos, y algunos de ellos, como los pájaros y cuadrúpedos, tienen mucho ; pero sólo miéntras están vivos, pues despues de la muerte pronto se enfrían. Cuando se encuentra un pájaro sobre el césped enteramente quieto, que no se mueve aunque se le toque, para asegurarse de que está muerto hay que ver si está completamente frio, en cuyo caso murió hace ya algun tiempo ; si aún está caliente, puede decirse que acaba de morir, ó que acaso aún no ha muerto y que es posible que reviva.

4. *Tiene uno calor, y puede moverse de un punto á otro por sí mismo. Puede uno moverse porque tiene calor ; se tiene calor con objeto de poder moverse. ¿ Cómo se verifica esto ?* Piénsese durante un momento en algo que no sea un animal, pero que esté caliente y se mueva, que sólo se mueva cuando esté caliente, y que esté caliente para poder moverse. Supongamos una locomotora. ¿ Qué hace mover á la locomotora ? El carbon ó leña que se quema, cuyo calor convierte al agua en el vapor que mueve el émbolo, miéntras que al mismo

tiempo toda la máquina se pone más caliente. Se sabe ya que para que la máquina haga una cantidad de trabajo, para que recorra un número de millas, tiene que quemarse cierta cantidad de carbon; que para que siga funcionando sin interrupcion, tiene que ser alimentada con carbon nuevo, y que mientras está funcionando está caliente: cuando se agota su carbon se para y, como el animal muerto, se enfría.

Tambien el cuerpo humano, lo mismo que la máquina de vapor, se mueve y está caliente, porque en él está ardiendo siempre un fuego. Ese fuego, como el horno de la máquina, necesita que de vez en cuando se renueve el combustible, con la diferencia de que éste no es carbon, sino alimento. En tres puntos se diferencia el cuerpo de la máquina de vapor. En primer lugar, no se usa en el cuerpo el fuego para convertir el agua en vapor, sino de una manera enteramente distinta, como veremos más adelante. En segundo lugar, el fuego del cuerpo no arde por el carbon seco, sino por el alimento húmedo, fuego que áun cuando es una oxidacion (Nociones de Química, art. 5), se verifica en medio del agua y sin producir ninguna luz. En tercer lugar, el alimento que se toma no se quema en una parte sola del cuerpo, en un horno como el de la máquina puesto aparte con el expresado objeto. El alimento viene á ser parte y porcion del cuerpo, y éste es el que se va quemando poco á poco.

Así, pues, ese alimento que se quema ó se oxida dentro del cuerpo, ó como una parte del cuerpo, es el que hace que uno se mueva y conserve calor. Si

se trata de vivir sin alimento, se pone uno desde luego frio, lánguido, desmayado, y demasiado débil para moverse. Si se toma la cantidad necesaria de alimento adecuado, se podrá sacar el mejor partido posible de la máquina, que es el cuerpo ; y si se hace funcionar el cuerpo como es debido, se puede conservar el calor en el dia más frio del invierno, sin necesidad de fuego artificial.

5. Pero si esto es así, para oxidar el alimento *es necesario el oxígeno*. El fuego de la máquina se apaga si no está provisto de aire lo mismo que de combustible, y lo mismo sucede al fuego del cuerpo. Si uno se encierra en un cuarto herméticamente cerrado al aire, el oxígeno que hubiere en la habitacion irá cada vez disminuyendo en cantidad, desde el momento en que se entró en el cuarto, porque uno lo va consumiendo ; la oxidacion del cuerpo se debilitará al cabo de algun tiempo, y pronto se morirá uno por falta de nuevo oxígeno (Nociones de Química, art. 14).

Durante toda la vida, hay necesidad de nuevo oxígeno, pues es preciso estar siempre respirando aire nuevo para continuar en el cuerpo la oxidacion que le da calor y fuerza.

6. Cuando se quema una bujía (Nociones de Química, art. 6), se convierte en ácido carbónico y agua. Cuando se quema leña ó carbon, tambien nos quedan cenizas. Si se tomara todo el alimento diario y se secara, tambien se quemaria hasta reducirse á cenizas, ácido carbónico y agua, además de uno ó dos cosas de que despues hablaremos.

El cuerpo está siempre exhalando ácido carbóni-

co (Nociones de Química, Exp. 7). El cuerpo está siempre expeliendo agua por los pulmones, como se ve cuando se echa el aliento sobre un cristal, por la piel y por los riñones ; y veremos que expelemos siempre más agua de la que tomamos en las comidas y bebidas. El cuerpo está tambien produciendo y expeliendo diariamente, por los riñones é intestinos, materias que no son exactamente cenizas, pero muy parecidas á éstas. No oxidamos el alimento hasta reducirlo á cenizas, pero poco ménos ; lo quemamos hasta convertirlo en sustancias que ya no sirven para la oxidacion dentro del cuerpo, y que, por inútiles, son arrojadas del cuerpo como desperdicios.

Así se completa la historia de lo que sucede. Merced al oxígeno del aire que al respirar se toma, se oxida el alimento que hay en el cuerpo. Se expelen el agua, el ácido carbónico y otros desperdicios que quedan despues de la oxidacion, y de esta oxidacion se saca el calor que conserva caliente al cuerpo, y la potencia que le permite moverse.

Así es que toda la vida tiene uno la necesidad constante de oxígeno y de alimento. El oxígeno se toma á cada respiracion, el alimento en cada comida. El cómo se ve uno libre de los desperdicios ya lo veremos más adelante.

Si viviera uno, como hizo un filósofo, en uno de los platillos de una delicada balanza, se veria que éste bajaba á cada comida y subia poco á poco entre comidas, conforme estuviera uno más ligero y con más hambre. Si el alimento que se toma es más del necesario, tanto que no pueda oxidarse, se quedará en el cuerpo como parte integrante de la

carne, y de dia en dia pesará uno más y estará más grueso : si es ménos del necesario, adelgazará uno y pesará ménos ; si es precisamente ni más ni ménos que el que se necesita, un dia y otro se tendrá exactamente el mismo peso, y el platillo de la balanza se elevará otro tanto entre comidas, cuanto bajó despues de éstas.

Lo que tenemos que aprender en esta cartilla es —Cómo el alimento viene á formar parte y porcion del cuerpo ; cómo se oxida ; cómo la oxidacion da la propiedad de moverse ; cómo se puede uno mover de todas maneras, cuando se quiere, como se quiere, y cuanto se quiere.

Antes, nos precisa aprender algo sobre la estructura del cuerpo, ó de qué partes se compone y cómo están estas partes unidas.

PARTES DE QUE SE COMPONE EL CUERPO—II.

7. Cuando se quiere hacer un muñeco de nieve, se toma un gran rollo de nieve para hacer el cuerpo ó tronco. Se descansa éste sobre dos rollos de nieve más delgados que sirven de piernas. Cerca de la parte superior del tronco se pega otro rollo más delgado á cada lado, y éstos se llaman brazos : y por último, completamente encima del tronco se coloca una bola redonda, que es la cabeza. Cabeza, tronco y miembros, esto es, piernas y brazos, forman todo junto un cuerpo completo.

En el monigote de nieve son todos éstos iguales, porque todas las bolas de nieve sólo se diferencian en tamaño y forma ; pero en el cuerpo humano, la

cabeza, el tronco y los miembros son desemejantes en un todo, como podria verse fácilmente haciéndolos pedazos. Pero no se puede hacer pedazos el cuerpo de cada uno, más sí fácilmente el de un conejo muerto. Supóngase que para empezar se toma uno de sus miembros, una pata, por ejemplo.

Lo primero de todo hay la *piel* con los pelos por fuera. Si se corta ésta cuidadosamente con un cuchillo ó tijeras y se arranca, se verá que está suave y reluciente por dentro. Debajo de la piel se verá lo que se llama la *carne*, más bien algo pálida, no tan roja como la carne de vaca ó carnero, pero no obstante parecida en un todo. Cubriendo la carne puede haber un poco de *grasa*. En una pierna de carnero, de las que se ven en la carnicería, hay mucha grasa, pero en la del conejo hay muy poca.

Debe aprenderse para lo sucesivo á llamar á esta carne rojiza *músculo*. Si se tira de ella un poco, se verá que fácilmente puede separarse en porciones ó tiras que corren á lo largo de la pierna, y que cada una de ellas está amarrada de firme á los dos extremos, pero suelta por el medio. Cada tira se llama un *músculo*. Se observará que muchos músculos están unidos, algunas veces sólo por un extremo, otras por los dos, á cordones ó bandas blancas ó azuladas y relucientes, que evidentemente están compuestas de sustancia diferente de la del músculo. No son blandas y carnosas como el músculo, sino duras y tiesas. Éstas son los *tendones*. Algunas veces son anchos y cortos, otros estrechos y largos.

Al separar estos músculos unos de otros, se verán

unos hilitos blancos y delgados, que corren entre aquellos á lo largo de la pierna, que muchas veces se ramifican y que se empequeñecen hasta no ser posible verlos. Éstos son los *nervios*. Entre los músculos hay tambien otras cuerdecillas, rojas ó negras rojizas, y si se las estruja dan unas gotitas de sangre. Éstas son las *venas*, y en realidad no son tales cuerdecillas, sino tubos huecos llenos de sangre. Al lado de las venas hay otros tubillos semejantes, que contienen muy poca sangre ó ninguna, que son las *arterias*. Las *venas* y *arterias* se llaman *vasos sanguíneos*, y fácil es distinguir que las mayores que se ven son realmente tubos huecos. Por último, si todavía se abren más los músculos, se llegará al *hueso* duro, en medio de la pierna, y mirando de cerca se verá que muchos de los músculos están sujetos á este hueso.

Trátase ahora de volver cada cosa al sitio que ocupaba, y se verá que aunque no se ha cortado, ni destrozado, ni roto músculo, vaso sanguíneo ó hueso, no se puede volver á colocar las cosas otra vez en su sitio. Todo parece trastornado. Esto sucede en parte porque aunque no se ha destrozado músculo ni vaso sanguíneo, se ha destrozado algo que une piel y músculo y grasa y vasos sanguíneos y hueso, todo junto; y mirando otra vez, se verá que entre ellos hay una delicada sustancia, á manera de cordon que los une y empaqueta todos, lo mismo que se emplea el algodón en rama para empaquetar juguetes é instrumentos delicados. Esta sustancia parecida á cordon para empaquetar, que se ha destrozado y estropeado, se llama *conjuntiva*, porque junta todas las partes.

Así, pues, en la pierna (y lo mismo sucede en el brazo) tenemos piel, grasa, músculo, tendones, vasos sanguíneos, nervios, y hueso ; todo empaquetado junto con *conjuntiva* y cubierto por la piel, y formando entre todo la pierna sólida. Podemos hablar de esas partes como los *tejidos* de la pierna.

8. Si se vuelve ahora al tronco y se corta la piel de la barriga, lo que se verá primero de todo serán también músculos, con nervios y vasos sanguíneos otra vez. Pero, al cortar cuidadosamente estos músculos (porque aquí no será fácil separarlos entre sí), se llegará á algo que no se encontró en la pierna, *una gran cavidad*. Esto es algo enteramente nuevo—no hay nada parecido en la pierna—una gran cavidad, enteramente llena de algo, pero con todo y con eso una gran cavidad, y si se hiende el conejo por la parte delantera de su tronco y se le da la vuelta ó se cortan los lados como se ha hecho en la Fig. 1, se verá que todo el tronco es *hueso* desde el cuello á las patas traseras.

Mirando cuidadosamente, se verá que la cavidad está dividida en dos por un tabique atravesado (Fig. 1, *B*) que se llama el *diafragma*. La parte que está debajo del diafragma, es la mayor de las dos y se llama el *abdomen* ó barriga : en ella se verá una masa grande, de color rojo oscuro, que es el *hígado* (*L*). Cerca del hígado está el blando y pálido *estómago* (*M*), y acabando de llenar el resto del abdomen se verán las adujas del *intestino* ó tripas, muy estrecho en algunas partes (*O*), muy ancho (*P Q*), más ancho aún que el estómago, en otras. Si se tira de los intestinos hácia un lado,



FIG. 1.—*Visceras de un conejo, visto despues de abrir simplemente las cavidades del tórax y abdomen, sin ninguna diseccion ulterior.*

A, cavidad del tórax, cavidad pleural de ámbos lados; *B*, diafragma; *C*, ventriculos del corazon; *D*, aurículas; *E*, arteria pulmonar; *F*, aorta; *G*,

como fácilmente puede hacerse, se verá que hay debajo dos bultos pequeños, de un color rojo castaño, y uno á cada lado. Éstos son los *riñones*.

En la cavidad más pequeña encima del diafragma, llamada el *tórax* ó pecho, se verá en el medio el *corazon* (*C*), y á cada lado del corazon dos cuerpos de color de púrpura, que si se estrujan parecen esponjas. Éstos son los dos *pulmones* (*G*). Se observará que el corazon y los pulmones no llenan la cavidad del pecho, lo mismo que el hígado, estómago, tripas, etc., llenan la cavidad de la barriga; siendo un hecho que parece que en el tórax hay un gran espacio vacío; pero, como más adelante veremos, los pulmones llenaban completamente el pecho ántes de abrirlo, y se contrajeron muchísimo en seguida que se cortó, dejando el gran espacio que ha podido verse.

9. El tronco es, pues, realmente una gran cámara que contiene lo que se llama las *vísceras*, y que está dividida en dos mitades, la superior y la inferior: la superior ocupada por el corazon y los pulmones, la inferior con el hígado, estómago, intestinos y algunos otros órganos. Por el frente está el abdómen cubierto de la piel y músculos solamente. Pero si estuvieran todas las partes del tronco compuestas de sustancias tan blandas, no seria entónces más que una bolsa que no podria nunca conservar

pulmones, secos, y ocupando solamente la parte posterior del pecho; *H*, partes laterales de las membranas pleurales; *I*, cartilago en el extremo del esternon; *K*, porcion del tabique del cuerpo entre el tórax y el abdómen; *a*, extremos cortados de las costillas; *L*, hígado, quedando en este caso más á la izquierda que á la derecha del cuerpo; *M*, estómago; *N*, duodeno; *O*, intestino delgado; *P*, intestino ciego, tan desarrollado en éste y en otros animales herbívoros; *Q*, intestino grande.

su figura si no estaba completamente llena. Es preciso que parte de ella esté fortalecida y endurecida, y es lo cierto que el tronco no es una bolsa, que ceda fácilmente por todos sus lados, sino una caja que tiene algunas paredes firmes y duras. Ya se vió cuando se cortaba el pecho por delante, que hubo que cortar varias partes duras. Eran éstas las *costillas* (Fig. 1, *a*), que se componen, bien de hueso duro, bien de una sustancia más blanda llamada *cartílago*. Si de la cavidad del tronco se sacan todas las vísceras y se pasa el dedo por la parte posterior de la cavidad, se verá que toda la parte desde el cuello hasta las piernas es dura. Esto es el *espinazo* ó *columna vertebral*. Cuando se quiere hacer que un monigote se sostenga derecho, hay que ponerle un palo dentro para darle apoyo; este apoyo es el espinazo del cuerpo humano, que impide que caiga el tronco.

En el abdómen todo lo que se necesita es este espinazo, pues los lados y parte de la cavidad están cubiertos de piel y músculos solamente. En el pecho, los lados están fortalecidos por las costillas, que son unos aros de hueso largos y delgados que se unen al espinazo por detras, y que por delante se encuentran en una parte dura y firme, compuesta de hueso y de cartílago, que se llama el *esternon*.

Pero el espinazo no está formado de un solo pedazo recto de hueso; pues si así fuera, nunca podría doblarse el cuerpo. Para que pueda doblarse, está aquel compuesto de muchos pedacitos de hueso redondos y aplastados, superpuestos los unos á los otros, con sus lados planos cuidadosamente unidos,

como si fueran tapones de pipas pegados unos á otros. Cada uno de estos pedacitos planos y redondos del espinazo, se llama una *vértebra*, y tiene una figura muy particular. Supóngase que se toma uno de aquellos tapones de hueso, y que se fija en su canto un anillo de hueso, y el todo representará una vértebra. La parte interior, el tapon sólido, se llama el *cuerpo*, y el hueco ó anillo es lo que se llama el *arco* de la vértebra. Ahora bien, si se colocan juntos algunos de estos cuerpos, uno encima de otro, de modo que queden juntas las partes centrales y juntos tambien todos los anillos, se tendrá algo muy parecido á la columna vertebral (véase Frontispicio y tambien Fig. 2). Los tapones ó cuerpos formarian una columna sólida y nudosa, y los anillos ó arcos formarian entre todos un túnel ó canal. Y así sucede realmente en el espinazo, con la sola diferencia de que cada vértebra no tiene exactamente la figura de un tapon y un anillo; el cuerpo es muy parecido al tapon, pero el arco es tosco y dentado, y los cuerpos están unidos de un modo particular. Sin embargo, siempre tenemos que todos los cuerpos de las vértebras forman una columna sólida que sirve de sosten al cuerpo, y que los arcos forman un túnel ó canal que se llama *canal espinal* (Fig. 2, C.S.), cuyo uso veremos en seguida. El cuerpo redondo y plano de cada vértebra está vuelto por el frente hácia la cavidad del tronco, y la hilera de cuerpos vertebrales es la que se nota como una protuberancia dura, cuando se pasan los dedos por la parte posterior del abdómen. Los arcos están detras de

los cuerpos, y por esto no pueden notarse en el abdómen ; pero si se dobla el conejo sobre su barriga,

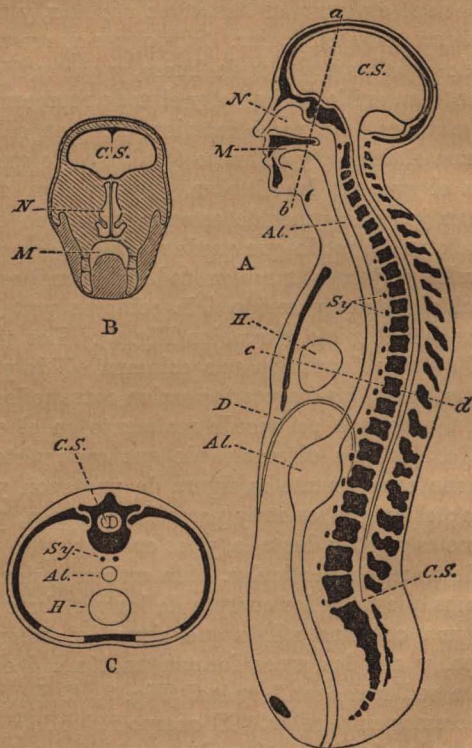


FIG. 2.—A, vista diagramática del cuerpo humano cortado en dos mitades en su sentido longitudinal. *C.S.*, cavidad del cerebro y de la médula espinal; *N.*, la de la nariz; *M.*, la de la boca; *Al.*, canal digestivo representado como un tubo recto sencillo; *H.*, corazón; *D.*, diafragma.

B, sección trasversal vertical de la cabeza, por la línea *a b*: la distribución de las letras es la misma que antes.

C, sección trasversal por la línea *c d*.

y se pasa el dedo á lo largo de su espalda, se percibirá á traves de la piel (y lo mismo puede notarse en el cuerpo humano), un borde afilado, formado por lo que se llaman las espinas, esto es, las puntas desiguales de los arcos de las vértebras (Fig. 2) que siguen por toda la espalda.

Así, pues, lo que realmente tenemos en el tronco es lo que sigue: al frente una gran cavidad, que contiene las vísceras, y que está rodeada en la parte superior ó tórax por aros de hueso, pero no, ó muy poco solamente, en la parte inferior ó abdómen; por detras, una cavidad mucho más pequeña, larga y estrecha como un canal, formada por los arcos de las vértebras, y por lo tanto rodeada por todas sus partes de hueso, y que contiene lo que ahora veremos: y entre estas dos cavidades, y separando la una de la otra, una columna sólida formada por los cuerpos de las vértebras. Así que, si se tomara una rebanada, ó seccion trasversal, que es como se llama, en el pecho del conejo, se tendria algo parecido á lo representado en la Fig. 2, *C*, donde *C.S.* es el canal estrecho de los arcos, y donde la cavidad ancha del pecho que contiene el corazon *H*, está encajada en las costillas que llegan desde las vértebras por detras hasta el esternon por el frente. Las dos cavidades están cubiertas por el exterior de músculos, vasos sanguíneos, nervios, tejido conjuntivo, y piel, lo mismo que la pierna.

10. Ahora tenemos que estudiar *la cabeza y el cuello*. Si se corta la piel del cuello del conejo, lo primero que se ve son los músculos y nervios y algunos grandes vasos sanguíneos; pero ya no se en-

cuentra una gran cavidad como la del tronco. En esto se parece el cuello á la pierna ; pero mirando cuidadosamente, se verán dos tubos que no son vasos sanguíneos, y que no hay otros que se les parezcan en la pierna. Uno de estos tubos es fuerte, con anillos duros : es la *tráquea* ó conducto respiratorio ; el otro es blando, y sus lados lacios se juntan : éste se llama *gáznate* ó *esófago*, y conduce de la boca al estómago. Detras de éstos y de los músculos, por entre los cuales pasan, se encontrará, lo mismo que en el tronco, una columna vertebral, sin costillas, pero compuesta de cuerpos, y por detras de éstos hay un canal vertebral. Esta columna vertebral y este canal vertebral del cuello son simplemente prolongaciones de la columna vertebral y del canal vertebral del tronco.

El cuello, pues, se diferencia de la pierna en que tiene una columna vertebral y un canal vertebral, con una tráquea y un esófago, y se diferencia del tronco en que no tiene cavidad ni costillas.

La cabeza tampoco se parece á todas estas partes. No se podrá comprender ciertamente de qué se compone la cabeza si no se toma la calavera de un conejo y se la coloca al lado de la cabeza de otro conejo. Si así se hace, se ve desde luego cómo están formadas la boca y la garganta. *Se verá que el cráneo es todo de una pieza*, exceptuando un hueso que á primera vista se reconocerá ser la *quijada*, ó para hablar con más exactitud, la quijada inferior ; porque hay dos quijadas. Las dos tienen dientes, pero la superior es solamente parte del cráneo y no se mueve ; la inferior se mueve ; puede

hacerse que se cierre contra la quijada superior, ó puede separarse bastante de ésta. La abertura entre las dos quijadas es el hueco de la boca, que, como es sabido, puede abrirse y cerrarse como se quiera. Si hace uno el experimento en sí propio, verá que, lo mismo que en el conejo, es la quijada inferior la que se mueve cuando se abre ó se cierra la boca. La quijada superior no se mueve para nada, excepto cuando se mueve toda la cabeza. Por debajo del cráneo, y en la parte superior del cuello, se estrecha la boca para formar la garganta, con cuya parte superior se comunica la cavidad de la nariz. De modo que hay dos vias para la garganta, una por la boca y otra por la nariz (Fig. 2).

En la parte posterior del cráneo se verá una abertura redondeada, y si se introduce por ella una aguja de hacer calceta, se ve que conduce á un gran espacio hueco en el interior del cráneo. En el conejo vivo este espacio hueco está ocupado por los *sesos*. El cráneo no es otra cosa que una caja de hueso para contener el cerebro, ó una caja cerebral de hueso. Esta caja de hueso se ajusta encima de las vértebras del cuello de tal modo que la abertura redonda de que acabamos de hablar ahora está colocada exactamente sobre el extremo superior del túnel ó canal formado por los anillos ó arcos de las vértebras. Si se pasara un alambre por el arco de la vértebra inferior, se podrá empujarlo hácia arriba por el canal formado por los arcos de todas las vértebras, hasta llevarlo á la cavidad cerebral, pues la caja cerebral y la fila de arcos de las vértebras forman juntas un canal, que es un tubo

estrecho por la espalda y el cuello, pero que se ensancha en la cabeza formando un ancho espacio redondo (Fig. 2, A y B, C.S.). En vida está ese canal lleno de una sustancia especial, blanca y delicada, que se llama *materia nerviosa*. La redonda masa de esta sustancia que llena la cavidad del cráneo, se llama *los sesos*; la parte más estrecha, á manera de varilla, ó la masa en forma de tira que corre por todo el canal vertebral del cuello y de la espalda, se llama *cordón espinal*. Tienen nombres separados, pero están completamente juntas las dos masas, y los redondeados sesos se ramifican en ese cordón ó tira de tal manera que es difícil decir dónde los unos acaban y la otra empieza.

11. En el cráneo, además de las aberturas grandes de que hemos hablado, se encontrarán otros agujeros pequeños que ponen en comunicacion el exterior del cráneo con el interior de la caja cerebral. Algunos de estos agujeros están en la vida llenos de vasos sanguíneos, pero por otros, corren aquellos delicados hilos ó cordones, que ya se ha aprendido á llamar nervios. *Los nervios son ramificaciones de sustancia nerviosa que salen del cerebro ó del cordón espinal*. Los que parten de los sesos pasan por agujeros del cráneo, y á primera vista parecen esparcirse muy irregularmente. Los que proceden del cordón espinal son mucho más regulares. Sale un nervio por cada lado, de dos en dos vértebras, para lo cual hay unos pequeños huecos redondeados en el sitio en que encajan, unas con otras, las vértebras, de manera que cuando se mira un cordón espinal, que aún tiene partes de

los nervios, no parece muy diferente de un doble peine que tuviera una hilera de puas á cada lado. Los nervios que salen así del cordon espinal se llaman *nervios espinales*, y poco despues de salir del canal vertebral se ramifican, y se reparten por casi todo el cuerpo. En cualquier pedazo de piel ó de carne que se examine, sea de la parte del cuerpo que sea, se encontrarán nervios y vasos sanguíneos. Si se sigue la direccion de estos nervios, se encontrará que se unen á otros para formar otros más grandes, y que éstos hacen otro tanto, hasta que por último acaban todos en el cordon espinal ó en los sesos. Si se quiere seguir la direccion contraria de los nervios, se verá que van dividiéndose en otros cada vez más pequeños, hasta que lo son tanto que se pierden de vista. Si se toma un microscopio, se verá aún que éstos se dividen en otros cada vez más pequeños, hasta llegar á ser hilos, lo más finos posible.

Los vasos sanguíneos, de un modo análogo, se juntan formando otros cada vez más grandes, que, por último, concluyen todos, como ya veremos, en el corazon. *Todas las partes del cuerpo, con pocas excepciones, están inundadas de nervios y vasos sanguíneos. Todos los nervios proceden de los sesos ó del cordon espinal, y los vasos del corazon. Así, pues, todas las partes del cuerpo están gobernadas por dos centros: el corazon, y los sesos ó cordon espinal.* Se verá cuán importante es tener esto presente cuando avancemos algo más en nuestros estudios.

12. Pues bien, el cuerpo está compuesto de esta

manera. Lo primero es la cabeza. En ésta está el cráneo, revestido de piel y carne, y conteniendo los sesos. El cráneo descansa encima del espinazo, donde la cabeza se une con el cuello. En la parte superior del cuello, se divide la garganta en dos tubos ó conductos, uno el de respirar y otro el tragadero. Estos corren por el cuello en frente de la columna vertebral cubiertos por muchos músculos, y cuando llegan á estar al nivel de los hombros, entran en la gran cavidad del cuerpo, empezando por la parte superior de ella, ó el pecho.

Aquí el tubo de la respiracion termina en los pulmones, pero el tragadero corre atravesando el pecho, casi pegado por la espalda al espinazo, y pasa por un agujero del diafragma al abdómen, donde se ensancha y forma el estómago. De nuevo se estrecha despues para formar el intestino, y despues de dar muchas vueltas y revueltas en el interior de la cavidad del abdómen, acaba por salir de ella.

Se ve que el *canal digestivo* (pues éste el nombre dado á este largo tubo que forman el tragadero, el estómago, el intestino, etc.) *pasa por la cavidad del cuerpo sin comunicarse con ella*, muy semejante á como pasa el alto y estrecho tubo de cristal de una lámpara por el globo tambien de cristal de la misma. Podria derramarse algo por dentro del tubo de cristal sin que llegara al globo, y podria llenarse el globo, quedando, sin embargo, completamente vacío el tubo. Si se supone que los dos cristales son blandos y flexibles, en vez de ser duros y frágiles, y que el tubo estrecho es muy largo

y retorcido tanto que casi llega á rellenar el globo, se tendrá una idea muy aproximada de como está colocado en la cavidad del cuerpo el canal digestivo.

Además de este canal, hay en el pecho, sin contar el tubo respiratorio y los pulmones, el corazon con sus grandes tubos; y en el abdómen, el hígado, los riñones y otros órganos.

Estas dos grandes cavidades, con todo lo que hay en su interior, y con las envolturas de carne y piel que forman las paredes de las cavidades, forman el tronco, y al tronco están unidos los brazos y las piernas. Éstos no tienen grandes cavidades, y el canal digestivo no pasa por ninguna parte cerca de ellos.

Es preciso observar una cosa además. Hay solamente un canal digestivo, un hígado, un corazon; pero hay dos riñones y dos pulmones, uno á un lado, y otro al otro, y muy parecidos. Hay dos brazos y dos piernas, casi exactamente iguales. Hay sólo una cabeza, pero un lado de la cabeza es casi exactamente igual al otro lado. Un lado de la columna vertebral es exactamente igual al otro, como lo son tambien las dos mitades de los sesos y las dos mitades de la médula espinal.

En resúmen, si se cortara el conejo en dos mitades desde la nariz hasta el rabo, se veria que con la excepcion del canal digestivo, del corazon y del hígado, una mitad era casi exactamente la copia de la otra.

Tal es la estructura de un conejo; y el cuerpo humano, en todos los puntos que he mencionado, está formado exactamente de la misma manera.

LO QUE SUCEDE CUANDO NOS MOVEMOS—III.

13. Volvamos ahora á la pregunta, *¿cómo es que podemos movernos de la manera que lo hacemos?* Y para empezar fijémonos en un movimiento particular y veamos si nos es posible comprenderlo.

Por ejemplo, se puede doblar el brazo. Sabido es que cuando se tiene el brazo en una posición horizontal sobre la mesa, se puede, á voluntad, doblar la parte inferior del brazo (lo que se llama el antebrazo y llega desde el codo á la mano,) sobre la parte superior, hasta que los dedos tocan el hombro. ¿Cómo se arregla uno para hacer esto?

Mírense los huesos del brazo en un esqueleto (Frontispicio ; tambien Fig. 3). Se verá que en la parte superior del brazo hay un hueso más bien grande que pequeño (*H*), que llega desde el hombro al codo, y que en la inferior hay dos, uno (*U*) más ancho y más fuerte que el otro (*Ra*) por el codo, pero más pequeño y más delgado por la muñeca. El hueso de la parte superior del brazo se llama el *húmero*; el hueso del antebrazo que es más grueso por el codo se llama *cúbito*; el que es más grueso por la muñeca se llama *radio*. Si se mira con cuidado se verá que el extremo del *húmero* en el codo está redondeado de una manera especial, y que el extremo del *cúbito* en el codo está ahuecado de una manera especial, de suerte que el uno entra y puede moverse dentro del otro.

Si se prueba á moverlos el uno en el otro, se verá que puede fácilmente doblarse el *cúbito* hasta unirlo

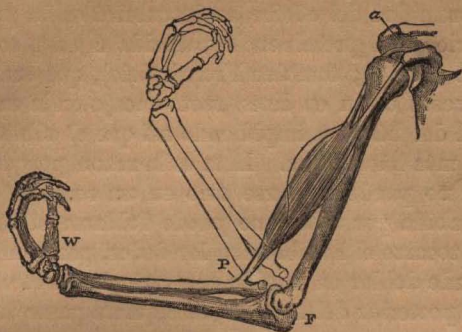


FIG. 3.—Huesos de la extremidad superior, con el músculo biceps.

Los dos tendones que unen este músculo á la escápula ú omóplato, pueden verse en *a*. *P* indica la union del músculo al radio, y por lo tanto el punto de accion de la potencia ; *F* el punto de apoyo, extremo inferior del húmero en que se mueve el superior del radio, junto con el cúbito ; *W*, el peso (de la mano).

bastante con el húmero, sin que se separen sus dos extremidades, y reparando atentamente, se verá que conforme se mueve arriba y abajo el cúbito, su extremidad y la del húmero resbalan una sobre la otra, pero solamente en un sentido que podremos llamar arriba y abajo. Si se trata de que resbalen de lado á lado, se encontrará que se cierran ó atascan. Solamente tienen un movimiento, como el de una puerta en sus goznes, y ese movimiento es de un género tal que dobla el cúbito sobre el húmero.

Hay todavía más : si se mira con algun más cuidado se descubrirá que, aún cuando es fácil doblar el cúbito sobre la parte anterior del húmero, y despues retirarlo otra vez hasta que los dos huesos queden en línea recta, no se puede doblar el cúbito sobre la parte posterior del húmero. Examinando

la extremidad del cúbito, se descubrirá en su parte posterior una prominencia parecida á un pico de pájaro (Fig. 3 ; tambien Frontispicio), que cuando los huesos están en línea recta encaja en la extremidad del húmero, impidiendo así que el cúbito se doble más hácia atras. Ésta es la razon porque el brazo no puede doblarse sino en un sentido. Es cosa sabida por todos que puede doblarse el brazo hasta tocarse el hombro con los dedos, pero que no se puede doblar en sentido contrario hasta tocar la parte posterior del hombro, ni siquiera pasar de la línea recta.

14. Se ve, pues, que en el codo los dos huesos, el húmero y el cúbito, están configurados y encajan el uno en el otro de tal manera que el brazo puede estar derecho ó doblado. En el esqueleto están los dos huesos enteramente separados ; es decir, tienen que enlazarse y sujetarse con algo, porque de no hacerlo así, caeria cada uno por su lado. Es lo más probable que en el esqueleto que se haya estado examinando, estén sujetos el uno al otro con alambres ó tiritas de metal ; pero tambien se sostendrian juntos, quitando el alambre ó las tiras de metal, y envolviendo los dos extremos con un galon, apretado lo bastante para conservarlos en contacto y flojo lo bastante para dejarlos que se muevan el uno en el otro. Fácil es arreglarlo así, tomando pedacitos de galon, ó todavía mejor, de goma, y colocándolos al rededor del codo, por delante, por detras y por los costados, afirmando un extremo de cada tirita al húmero y el otro al cúbito. Al hacer esto se habrá imitado de una manera muy

aproximada la manera de estar unidos en el codo los huesos del brazo humano. Solamente que las tiritas no son de goma, sino fajas planas de esa sustancia parecida á cuerda, ó fibrosa como la llamaremos desde ahora, que en las lecciones anteriores se aprendió á llamar tejido conjuntivo. Estas fajas planas tienen un nombre especial, y se llaman *ligamentos*.

En el codo están los dos extremos del cúbito y del húmero colocados en su sitio, por los ligamentos ó fajas planas de tejido conjuntivo.

En el esqueleto, están secas las superficies de los dos huesos en el codo, donde rozan el uno con el otro, aunque de una manera suave. Si se repara en la articulacion de una pierna de carnero ántes de ponerla al fuego en la cocina, se notará que allí tambien hay dos huesos que resbalan uno sobre otro de una manera semejante á los del codo, y que en el sitio donde los huésos se tocan están extraordinariamente suaves, y muy húmedos, de manera que están completamente resbalosos. Exactamente lo mismo sucede en el codo; la extremidad del cúbito y la del húmero están hermosamente pulimentadas y húmedas enteramente, de modo que resbalan la una sobre la otra con la mayor facilidad posible. Ya se sabe que los ojos están siempre húmedos. Los tienen húmedos las lágrimas, aunque no se habla generalmente de éstas miéntras no se derraman desde los ojos por un exceso de humedad; pero en realidad siempre se está llorando un poco. Pues bien hay, si así puede decirse, un derrame continuo de lágrimas por dentro de la envoltura

de los ligamentos que rodean el codo, y ellas mantienen siempre húmedas las dos superficies de los huesos.

Las extremidades de éstos, donde están en contacto, son tambien suaves, porque están revestidas por encima con lo que se llama ternilla ó cartílago. El hueso es muy duro y muy sólido ; no hay en él mucha agua. Los huesos se secan muy poco. El cartílago no es tan duro como el hueso ; hay en él mucha más agua. Cuando está enteramente fresco es muy suave, pero por contener una gran cantidad de agua se arruga muchísimo cuando se seca, y estando seco dista mucho de ser tan suave como cuando está fresco. Puede verse el cartílago seco en los extremos de los huesos del esqueleto ; todavía está algo suave, pero no da una idea de cuan suave está en el cuerpo vivo, el verlo simplemente en el esqueleto seco.

En el codo, pues, tenemos los extremos de los huesos que encajan el uno en el otro, de modo que pueden moverse en cierta direccion ; estos extremos están suavizados con cartílago, que se conserva húmedo con un flúido, y sujetos en su sitio por ligamentos. Todo esto se llama una articulacion.

15. Hay muchas articulaciones en el cuerpo humano además de la del codo ; hay la del hombro, la de la rodilla, la del tobillo y otras. Se diferencian de la del codo en la figura de las extremidades del hueso, en el modo de moverse los huesos uno sobre otro, y en algunas otras particularidades ; pero no vamos ahora á entrar en estas diferencias. Son como el codo, por cuanto en cada uno de los casos

ajusta un hueso dentro de otro, están las superficies forradas de cartílago, humedecidas con flúido (que suele llamarse vulgarmente aceite de articulacion, aunque no tiene nada de aceite) y fijos en su sitio por ligamentos.

Con seguridad se habrá notado que aun cuando sólo se ha hablado del húmero y del cúbito en el codo, el otro hueso del antebrazo, el radio, tambien tiene su papel en el codo. Se hizo caso omiso con objeto de simplificar el asunto, pero es sin embargo enteramente exacto que el extremo del húmero se mueve sobre el del radio, lo mismo que sobre el del cúbito, y que el extremo del radio está tambien forrado con cartílago é incluido en la envoltura de los ligamentos. Podria añadirse que el radio se mueve tambien independientemente del cúbito, pero no es necesario decirlo ahora : lo que ahora se queria demostrar era que el codo es una articulacion, y de tal modo construida que permite al antebrazo doblarse sobre la parte superior del brazo.

16. *Para que el brazo se doble, es menester emplear alguna fuerza.* El cúbito ó el radio, porque los dos se mueven juntos, tienen que ser empujados ó atraídos hácia el húmero, ó el húmero tiene que ser empujado ó atraído hácia el radio y cúbito. ¿Cómo sucede esto en el brazo ?

Tómense los huesos del brazo : fíjese la extremidad superior del húmero ; amárrese á algo que no pueda moverse. Amárrese un pedazo de cuerda al radio ó al cúbito (no importa á cuál de los dos), en un punto cerca del codo. Horádese un agujero atravesando la parte superior del húmero y pásese

por él la cuerda, que debe de ser bastante larga para dejar al brazo enteramente derecho sin estirar la cuerda. Ahora bien, cogiendo la cuerda cuando atraviesa el húmero, tírese de ella. El antebrazo se doblará sobre el brazo. ¿Por qué? *Porque se ha estado trabajando con una palanca de tercer género.*

El radio y el cúbito forman la palanca ; su punto de apoyo es el extremo del húmero en el codo (Fig. 3, F) ; el peso que ha de moverse es el del radio y cúbito (y el de los huesos de la mano, cuando ésta exista), y esto puede representarse por un peso aplicado á la mitad próximamente del antebrazo ; la potencia es el tirón que se da á la cuerda, y se hace que obre en la palanca en el punto donde la cuerda está amarrada al radio, es decir, más cerca del punto de apoyo que el punto en donde está el peso ; y sabido es que cuando la potencia está entre el punto de apoyo y la resistencia, se tiene una palanca de tercer género.

Ahora bien, para que la cosa se parezca algo más á lo que en el brazo se verifica, en vez de taladrar un agujero en el húmero, pásese la cuerda por una concavidad que se verá en el extremo del húmero, y amárrese la punta al omóplato ó á cualquier otro sitio por encima del húmero, teniendo cuidado de que sea la cuerda bastante larga para que el brazo quede en línea recta y extendido, pero no más larga, de modo que cuando el brazo esté recto la cuerda quede tirante, ó al ménos, no quede floja.

Váyase ahora acortando la cuerda cogiendo un seno de ella. Al hacerlo así, se doblará el antebrazo

sobre el brazo. Supóngase que se empleó una cuerda en la que no habia necesidad de coger senos, sino que á placer podria acortarse por sí misma. *Cada vez que se acortara, tiraria hácia arriba del antebrazo y doblaria el brazo, y cada vez que volviera á aflojarse, volveria el brazo á caer en la posicion recta.*

En el brazo humano no hay cuerda ; pero hay un cuerpo, colocado de un modo muy semejante y que tiene la propiedad de acortarse cuando se necesita. Cada vez que se acorta, dobla el brazo, y cuando ha acabado de encogerse y vuelve á alargarse, vuelve el brazo á caer otra vez en su posicion recta. Este cuerpo que puede encogerse y estirarse de tal manera, se llama un músculo.

Si se coloca una mano en la parte anterior del otro brazo, á la mitad de la distancia entre el hombro y el codo, y luego se dobla el brazo, se notará una cosa que se levanta debajo de la mano. Esta cosa es el músculo, que dobla el brazo, encogiéndose, ó como habremos de decirlo, *contrayéndose*.

En el brazo humano, lo mismo que en el miembro del conejo que se estudió en la leccion pasada, está arreglada la carne en masas ó manojos de varios tamaños y formas, y cada masa ó manojito se llama un músculo. Hay varios músculos en el brazo, pero hay especialmente uno que ocupa la parte anterior del brazo, llamado el *biceps*. Es una masa redondeada de carne roja, mucho más larga que ancha ó gruesa, y que en ámbas extremidades se adelgaza terminando en punta. Está representado en la Fig. 3.

Se recordará que cuando se examinaba la pierna

del conejo, se observó que en muchos de los músculos la carne blanda, que formaba la mayor parte del músculo, cesaba de repente en una ó en las dos extremidades del músculo, y se trasformaba en una sustancia mucho más firme que era blanca y reluciente; y que se dijo que esta parte blanca y más firme se llamaba el tendón del músculo. El resto del músculo, llamado generalmente "la barriga" está formado de lo que se acostumbra llamar la carne simplemente, pero que ahora es preciso aprender á nombrar *sustancia muscular*. Todo músculo se compone primeramente de una masa de sustancia muscular. *Esta sustancia muscular está formada por un número inmenso de cuerdas suaves, ó fibras, que todas siguen una misma direccion y están distribuidas en manojos y manojillos.* En los dos extremos del músculo, se unen estas fibras musculares blandas con otras más duras, pero más delgadas, de tejido conjuntivo ó fibroso, y éstas últimas forman la cuerda ó tira de tendón con que el músculo termina por ámbos lados.

Estos tendones son los que unen los músculos blandos á los huesos duros, ó algunos de los otros tejidos fuertes del cuerpo. Los tendones son algunas veces redondos y parecidos á una cuerda, otras veces planos y aplastados. Algunas veces son muy largos, otras muy cortos, tanto que apenas son visibles; pero siempre existe alguna cantidad de las fibras más firmes de tejido conjuntivo, uniendo las fibras musculares blandas á los huesos, y generalmente no sólo son los tendones más firmes sino más delgados y sutiles que la barriga del músculo.

La barriga muscular del biceps está colocada en la parte anterior del brazo superior. Un poco ántes de la coyuntura del codo, termina en un tendon pequeño, redondo y fuerte, que se desliza sobre la parte anterior del codo y que se amarrá, es decir, se inserta en el radio á poca distancia debajo de la articulacion (Fig. 3, P). La parte superior de la barriga muscular termina un poco más abajo del hombro, y no en un tendon sino en dos* tendones (Fig. 3, a) que, deslizándose sobre el extremo del húmero, se sujetan al omóplato ó *escápula*, que así se llama, en donde el húmero se ajusta con una articulacion.

Tenemos, pues, en el biceps una barriga muscular, carnosa y gruesa, colocada en la parte anterior del brazo y sujeta por tendones, en un extremo al omóplato ó *escápula*, y en el otro al antebrazo. ¿Qué sucederia si, estando el brazo extendido y fija la *escápula*, se acortara de repente muchísimo el biceps? Evidentemente lo mismo que cuando se cogia un seno para acortar la cuerda, que ántes supusimos que estaba colocada muy semejantemente á como lo está el biceps con sus tendones, lo cual podrá verse volviendo á repasar lo ya dicho. *El radio y el cúbito serian tirados hácia arriba, y el antebrazo se doblaria sobre el brazo.*

Pero los tendones no tienen la propiedad de encogerse, sino que es la sustancia muscular la que posee esta notable facultad de encogerse rápida-

* No es comun que los músculos tengan dos tendones en el mismo extremo, y de aquí proviene el nombre de *biceps*, ó de dos cabezas.

mente. En determinadas circunstancias cada fibra muscular suave, de las que constituyen el músculo, se acorta repentinamente, y por consiguiente se encoge todo el músculo y une sus dos extremos tendinosos, y estando el uno amarrado á algo que está fijo, y el otro á algo movable, tendrá que moverse la cosa movable.

Esta manera de encogerse repentinamente un músculo ó una fibra muscular, se llama una *contraccion muscular*. *Todos los músculos, todas las fibras musculares, tienen la propiedad de contraerse*. Pero una masa de sustancia como el biceps puede acortarse de dos maneras. Puede apretarse toda ella y hacerse más pequeña, puede exprimirse como se exprimiria una esponja reduciéndose su tamaño, ó puede cambiar de forma y no de volúmen, ganando en grosor lo que pierda en longitud, como sucederia apretando las dos extremidades de una barra delgada de cera blanda, que se convertiria en otra más gruesa y más corta. Puede encogerse de una de las dos maneras, pero realmente el biceps se contrae sólo del último modo : se pone más grueso conforme se acorta, y casi en la misma proporcion, y por esto cuando se coloca la mano en el brazo que se va á doblar, se nota algo que se levanta. *Se siente el biceps que se va poniendo más grueso conforme se va acortando para doblar el brazo*.

Este acortamiento no dura siempre. Tarde ó temprano se afloja otra vez el músculo, adelgazándose de nuevo, para volver de este modo á su estado primitivo. El estado alargado del músculo es

su estado natural, el estado de reposo. El encogimiento ó contraccion es un esfuerzo que sólo durante algun tiempo puede continuarse. La contraccion dobla el brazo, y miéntras el músculo continúa encogido, el brazo está doblado ; pero al estirarse el músculo, el peso de la mano y del antebrazo, si no hay nada que lo impida, vuelve á poner derecho el brazo.

El encogimiento sólo se verifica en el músculo, en la barriga compuesta de fibras musculares. Los tendones no se encogen ni poco ni mucho. Por el contrario, si algo varían es alargándose algun tanto, pero muy poco, cuando el músculo tira de ellos. Su objeto es transmitir al hueso el tiron del músculo. No son necesarios, pero sí convenientes. Seria posible mover el hueso sin ellos, aunque más torpemente. Supóngase que las fibras carnosas del biceps llegasen desde la escápula ú omóplato al antebrazo ; podria doblarse el brazo como ántes, pero seria muy molesto tener la hinchazon del músculo en el interior del codo, ó encima del hombro, por lo que en los dos casos estorbaria para todo ; pero teniendo el músculo carnoso, el que realmente es contráctil, en el brazo, y con los delgados tendones que van al antebrazo y al hombro, se puede hacer el trabajo con mucha más facilidad y comodidad.

Hasta ahora, pues, hemos llegado á comprender cómo se mueve el brazo. El músculo biceps se contrae y se encoge, esforzándose en juntar sus dos extremos tendinosos. Los tendones superiores no pueden moverse por estar sujetos á la escápula

que es fija ; pero el tendon inferior está sujeto al radio, y éste, con el cúbito al cual está unido, se mueve fácilmente de abajo hácia arriba y de arriba hácia abajo, en la coyuntura ó articulacion del codo, porque así se lo permiten la configuracion de los huesos en la articulacion y todas las disposiciones de la misma, como ya lo hemos visto. Así, pues, cuando el músculo tira de su tendon inferior, tira del radio en el punto donde el tendon se inserta en el hueso. El radio así tirado forma con el cúbito una palanca de tercer género, que funciona en el extremo del húmero como punto de apoyo : y de esta manera cuando se tira del tendon el antebrazo se levanta.

17. Pero ahora se presenta otra cuestion. ¿Qué es lo que hace que el músculo se encoja y contraiga ? Se quiere mover el brazo, y se mueve, como ya hemos visto, haciendo que se contraiga el biceps ; pero *¿cómo hace la voluntad que el biceps se contraiga ?*

Si fuera posible examinar el brazo como lo fué estudiar la pata del conejo, se veria que corren por el músculo biceps, uno ó más de aquellos hilos blandos y blancos, que ya se aprendió á reconocer como *nervios*.

Estos nervios se introducen y se pierden al parecer en el músculo biceps. No necesitamos seguirlos más léjos en aquella direccion ; pero si quisiéramos seguir su camino en el otro sentido, cuando suben por el brazo, veríamos que no tardan en encontrarse con otros nervios semejantes, y que al irse juntando los diversos nervios, forman cuerdas

nerviosas más gruesas y más fuertes. Éstas á su vez se unen á otras, y así seguiríamos hasta llegar á formar troncos nerviosos, que así se llaman, blancos y gruesos, los cuales veríamos por último pasar entre las vértebras, á cierto sitio del cuello, entrando en el canal vertebral, donde se mezclan con la masa de sustancia nerviosa, de que ya hemos hablado como médula espinal.

¿Qué tienen estos nervios que ver con la acción de doblar el brazo? Muy sencillamente lo que sigue: supóngase que se pudiera sin mucha molestia cortar los delicados nervios que van al biceps, y que así se hiciera ¿qué sucedería? Se vería que se había perdido toda la facultad de doblar el brazo; por mucho que se quisiera, no habría nada que se hinchara ó levantara en el brazo. El biceps permanecería perfectamente quieto, y no se encogería absolutamente ni se contraería obedeciendo á la voluntad.

¿Qué demuestra esto? Demuestra que cuando quiere uno doblar el brazo, pasa algo por los nervios que van al músculo biceps, cuyo algo es causa de que dicho músculo se contraiga. El nervio es, pues, un puente entre la voluntad y el músculo; de suerte que cuando el puente se rompe ó se corta, la voluntad no puede llegar hasta el músculo.

Si en un punto cualquiera entre el músculo y la médula espinal, se corta el nervio que va, por sí ó por sus ramificaciones, al músculo, se destruye la comunicacion entre la voluntad y el músculo.

Ya hemos visto que la médula espinal es una masa de sustancia nerviosa que está en comunica-

cion con el cerebro ; desde la médula espinal parten casi todos los nervios del cuerpo ; los nervios cuyas ramificaciones van al músculo biceps del brazo, salen de la médula espinal, desde un punto del cuello.

El que tenga la desgracia de que se corte ó se dañe su médula espinal en el cuello, podrá seguir viviendo pero quedará paralizado. Querria mover el brazo y no podria hacerlo. Sabria que queria hacerlo, sentiria que estaba haciendo un esfuerzo, pero que el esfuerzo de nada le servia. La médula espinal es una parte del puente entre la voluntad y el músculo.

Cuando uno dobla el brazo, lo que sucede es lo siguiente : *Por el ejercicio de su voluntad, se pone en movimiento algo en el cerebro, y este algo—no nos detendremos ahora á preguntar en qué consiste ó lo qué es—pasa desde el cerebro á la médula espinal, sale de la médula espinal y se dirige siguiendo ciertos nervios, abriéndose camino entre los intrincados manojos de delicados hilos nerviosos que corren de la parte superior de la médula espinal al brazo, hasta llegar al músculo biceps. El músculo, en seguida que el “algo” llega por sus nervios, se contrae, se encoge, se engruesa ; se levanta en el brazo ; su tendon inferior tira del radio ; el radio con el cúbito se mueve sobre el punto de apoyo del húmero en la articulacion del codo, y se dobla el brazo.*

Se desea dejar de tenerlo doblado. Cesa la voluntad, de obrar. Aquel *algo* que hizo nacer la voluntad, se extingue en el cerebro, se extingue en la médula espinal, se extingue en los nervios, y aún

en los vástagos más finos. El músculo, que ya no está excitado por aquel algo, cesa de contraerse, deja de hincharse, ya no tira del radio, y el antebrazo cae por su propio peso á su primitiva tension, estirando, al caer, el músculo hasta su natural tamaño.

18. Espero que hasta aquí se me habrá seguido, pero nos encontramos todavía muy distantes del fondo del asunto. ¿Por qué se contrae el músculo cuando aquel algo llega hasta él por medio de los nervios? Forzoso nos es contentarnos con decir que es una propiedad del músculo el hacerlo así. ¿Posee siempre el músculo esta propiedad? No; no siempre.

Supóngase que se amarra una cuerda muy apretada al rededor de la parte superior del brazo, junto al hombro. ¿Qué sucederá? Si se apretare lo bastante (no será preciso hacerlo, porque lastimaria), el brazo se pondrá muy pálido, y al cabo de muy poco tiempo empezará á enfriarse. Poco á poco se adormecerá, y parecerá que está más pesado y torpe; se embotará en él la sensibilidad, y al cabo de algun tiempo se perderá por completo. Si se quiere doblarlo, se encontrarán grandes dificultades: aunque se hagan esfuerzos, no será fácil hacer que el biceps se contraiga, y por último será absolutamente imposible hacerlo. Se verá entónces que se ha perdido todo poder de doblar el brazo; y si se soltare la cuerda, se descubrirá que despues de algunas sensaciones muy incómodas, poco á poco se irá recobrando la facultad de manejar el brazo; éste volverá á entrar en calor, desaparecerán la

pesadez y el entorpecimiento, volverá la sensibilidad, será posible doblarlo, y por último, se pondrá como ántes estaba.

¿Qué se hizo cuando se amarró la cuerda muy apretada? La principal cosa que se hizo fué oprimir los vasos sanguíneos del brazo é impedir por ende el movimiento de la sangre en ellos. Si en vez de apretar la cuerda al rededor de todo el brazo se hubiese amarrado otra más delgada en derredor de los vasos sanguíneos solamente, se habría producido el mismo efecto con poquísima diferencia. Vimos en la última lección que todas las partes del cuerpo están provistas de vasos sanguíneos, venas, y arterias. En el brazo hay una arteria muy grande, cuyas ramificaciones se extienden por todo el brazo, y algunas van al músculo biceps. ¿Qué sucedería si solamente se amarraran estas ramificaciones, apretándolas tanto que detuvieran toda la sangre que hubiera en ellas, pero sin influir en los otros vasos sanguíneos del brazo? El brazo, como un todo, no palidecería ni se enfriaría, no se pondría torpe ni pesado, no perdería la sensibilidad, pero, sin embargo, no podría doblarse aunque se quisiera hacerlo; no sería posible hacer que el biceps se contrajera, aunque todo lo demás del brazo estuviera, al parecer, en buen estado.

¿Qué nos enseña esto? *Nos enseña que la facultad de contraerse que tiene un músculo, cuando se quiere que lo haga, puede perderse y recobrase, y que se pierde cuando se impide que llegue á él la sangre.* Cuando se amarra una cuerda apretada al rededor de todo el brazo, se pierde la facultad de

todo él. Esta pérdida de dicha facultad es el principio de la muerte, y ciertamente que si no se aflojara la cuerda, moriría completamente el brazo, perdería su vitalidad, que así se dice. Cuando solamente están comprimidos los vasos sanguíneos que van al biceps, éste solo empieza á morir, permaneciendo vivo todo el resto del brazo, y la primera señal de muerte en el biceps es la pérdida de la facultad de contraerlo, cuando se quiere.

Para que se pueda doblar el brazo es preciso, por tanto, tener no solamente un músculo biceps con sus nervios, tendones y demas huesos y coyunturas, sino que el músculo ha de estar provisto de sangre.

19. Ahora podemos dar un paso más y hacer la pregunta : *¿Qué hay en la sangre para que dé así al músculo la facultad de contraerse, ó en otras palabras, para conservar el músculo vivo?* La respuesta es muy fácil. ¿Cuál es el nombre que generalmente se da á esta facultad que tiene el músculo de contraerse? Generalmente la llamamos fuerza. Póngase el brazo extendido sobre la mesa, con un peso grande en la mano, y trátase de doblar el brazo. Si puede hacerse, es porque es uno fuerte; si no se puede, hay que decir que es uno débil, tanto más fuerte ó más débil, cuanto más pesado ó más ligero sea el peso. En el primer caso tuvo el biceps gran poder de contraccion; en el segundo, tuvo poco. Háganse experimentos para ver cuál es el mayor peso que se puede levantar de esta manera, por la mañana, cuando no haya pasado mucho tiempo desde el almuerzo, y cuando se está fresco y en buen estado. Pásese el día sin comer, y por la no-

che ó por la tarde, cansado y con hambre, trátase de levantar del mismo modo igual peso. Se verá que no es posible hacerlo. El biceps habrá perdido parte de su facultad de contraerse, estará más débil que por la mañana. ¿Qué lo pone más débil? La falta de alimento. ¿Y cómo puede el alimento afectar al músculo? El alimento no se coloca en el músculo; se pone dentro de la boca, y va de allí al estómago, y á todo el resto del canal digestivo, donde desaparece aparentemente. ¿Cómo llega al músculo el alimento? Por medio de la sangre. El alimento se convierte en sangre. *Lo que se come como alimento se cambia en otras cosas que forman parte de la sangre, y esas cosas, que van al músculo le dan fuerza y la facultad de contraerse.* Y ésta es la razon por qué el alimento fortalece.

20. Pero siempre se está necesitando alimento, diariamente, de cierto en cierto tiempo. ¿Por qué sucede así? Porque el músculo al obtener fuerza del alimento lo cambia, lo agota, y así es que siempre está necesitando sangre fresca y alimento nuevo. Hemos visto en el Art. 1, que el alimento es combustible. Tambien hemos visto que el músculo (y á otras partes del cuerpo acontece lo mismo) está siempre quemándose, quemándose sin llama, pero con calor, quemándose lentamente, pero quemándose no obstante, y trabajando tanto más cuanto más se quema. El combustible que allí arde no es leña seca ni carbon, sino sangre húmeda y acuosa, una clase especial de combustible preparado para su especial uso, en las fábricas del estómago y de otras partes, con el alimento que se comió por la

boca. Éste se está siempre consumiendo, y preciso es tener siempre un surtido conveniente, si ha de seguirse funcionando. Por esta razon tiene siempre que haber sangre nueva en preparacion ; por esta razon tiene que haber de vez en cuando provisiones de alimento, del cual se fabrique sangre fresca.

Para entender, pues, plenamente lo que sucede cuando se dobla el brazo, tenemos que aprender no sólo lo que ya sabemos de los huesos, de la coyuntura, del músculo y de los nervios, sobre el mecanismo y la máquina, sino que tenemos tambien que estudiar cómo se cambia en sangre el alimento, cómo se lleva la sangre al músculo, qué hay en la sangre de lo cual vive el músculo, qué es lo que el músculo quema, y cómo las cosas que resultan de esa quema, las cenizas y el humo del ácido carbónico y las demas cosas, son arrebatadas del músculo é impelidas fuera del cuerpo.

Miéntras tanto, necesario es recordar, que en gracia de la sencillez se ha hablado hasta ahora solamente de un músculo, del biceps del brazo ; pero hay muchos músculos en el cuerpo, además del biceps, del mismo modo que hay muchos huesos además de los del brazo, y muchas articulaciones además del codo ; pero lo que de uno va dicho, es, en general, aplicable á todos los demas. Los músculos tienen varias formas, tiran de los huesos en diferentes direcciones, trabajan con palancas de varios géneros. Las articulaciones se diferencian mucho en la manera de funcionar. Todos los movimientos, de cualquier clase que sean, son producidos por mús-

culos que tiran algunas veces todos en un sentido, ó unos en contra de otros. Ya se verá, cuando se llegue á examinarlos, que todos los movimientos del cuerpo dependen en último resultado de esto—*de que ciertas fibras musculares, obedeciendo á algo que llega hasta ellas por medio de sus nervios, se contraen, se acortan, y se espesan, y de esta manera empujan uno de sus extremos hácia el otro, y que para hacer esto tienen indispensablemente que estar provistas continuamente de sangre pura.*

Hay más todavía : lo que se ha dicho de las relaciones del músculo con la sangre es tambien cierto respecto de las otras partes del cuerpo. De la misma manera que no puede trabajar el músculo sin una provision conveniente de sangre, tambien los sesos y la médula espinal y los nervios tienen una necesidad aún más urgente de sangre pura. La debilidad y el desfallecimiento que experimentamos por falta de alimento, consiste tanto en una debilidad de los sesos y de los nervios, como de los músculos, y quizás depende más de lo primero. Otras partes del cuerpo de las cuales tendremos que hablar más adelante, necesitan tambien sangre.

En resúmen, la historia entera de nuestra vida diaria es la siguiente. El alimento que comemos se convierte en sangre, la sangre es llevada á todos los puntos del cuerpo, dando vueltas en el torrente de la circulacion ; al pasar sobre ellos, ó más bien, al atravesarlos, el músculo, los sesos, el nervio, la piel, recogen alimento nuevo para sus funciones y devuelven las cosas que han usado ó que ya no quieren. Como todas aquellas partes tienen funciones diver-

sas, emplean unas lo que las otras han desechado. Hay además, barrenderos y encargados de la limpieza para recoger aquellas cosas que en ninguna parte son necesarias y arrojarlas fuera del cuerpo. De esta manera se conserva la sangre pura y fresca. Por la sangre que de esta manera está afluyendo á cada parte, hace ésta su trabajo : el músculo se contrae, los sesos sienten y tienen voluntad, los nervios conducen la sensacion y la volicion, y los otros órganos del cuerpo hacen tambien su trabajo, para conservar así vivo y en buen estado todo el cuerpo.

LA NATURALEZA DE LA SANGRE—IV.

21. *¿ Qué es, pues, esta sangre que tantas cosas hace ?*

El que no haya mirado con un buen microscopio la trasparente y delgada tela del pié de una rana, para observar la sangre roja que corre por sus estrechos canales, debe procurar hacerlo en seguida, porque sin esto no podrá entender la fisiología. Allí verá una red de delicados conductos mucho más finos que un cabello, y que por dichos conductos circulan multitud de tenues glóbulos ovales amarillos que se precipitan y se empujan. Hay canales más anchos que los otros, y por algunos de los más anchos se verá una espesa corriente de glóbulos que corren hácia los más pequeños, y que se reparten entre ellos. Los glóbulos que se ven, están flotando en un líquido tan claro que no se acierta á verlo. Algunos de los conductos más estrechos, lo son tanto que solamente un glóbulo ó

corpúsculo, que así lo llamaremos, puede pasar á la vez, y muy á menudo se les verá pasar en fila de uno á uno. Al observarlos, segun van deslizándose por estos estrechos senderos, se notará que últimamente vienen á caer otra vez en conductos más anchos, algo semejantes á aquellos de donde vinieron, excepto en que la corriente procede de los más pequeños, en vez de dirigirse hácia los mismos ; y en la corriente se pierde de vista el corpúsculo que se estaba observando. Los conductos más delgados se llaman *capilares* ; están protegidos por delicadas paredes que apénas son perceptibles ; parecen sólo conductos, y para hacerse cargo de cuán delicados y pequeños son no hay más que recordar que todas las observaciones se están haciendo en las profundidades de una piel de tan poco espesor, que casi se inclina uno á creer que no tiene espesor ninguno.

Los canales mayores, que están llevando la sangre á los capilares, son las extremidades de vasos como aquellos que en el conejo se aprendió á llamar arterias, y los otros canales mayores por los cuales se precipita la sangre de los capilares, son los principios de las venas.

Cuando se haya observado durante algun tiempo el pié de rana, reflexiónese que en casi todas las partes de nuestro propio cuerpo, en toda pulgada cuadrada, en casi toda línea cuadrada, podria verse algo muy semejante, si fuera hacedero colocarla en el campo del microscopio ; sólo que los corpúsculos son más pequeños y redondos, los capilares más estrechos y más juntos en su mayor parte, y la cor-

riente más veloz. En el músculo de que estuvimos hablando en la última lección, cada una de las fibras largas y blandas que lo componen está envuelta por una red cerrada de estos tenues capilares, á través de los cuales, mientras dura la vida, está corriendo siempre velozmente la sangre, enrojecida por innumerables corpúsculos muy pequeños.

En todas las partes de la carne, en los sesos y en la médula espinal, en la piel, en los huesos, en los pulmones, en todos los órganos y en casi todas las partes del cuerpo, hay la misma precipitada carrera por tubos estrechos, de corpúsculos rojos y del claro líquido en que éstos nadan.

Si se pincha uno el dedo, echa sangre, y casi todas las partes del cuerpo dan sangre, cuando se las pincha. Tan numerosos son los pequeños vasos sanguíneos, que siempre que se clava una aguja, por fina que ella sea, hay la seguridad de atravesar y romper algún canalito de sangre, arteria, capilar, ó vena, de donde salga la gota colorada.

22. *¿Qué es sangre?* Es un flúido ; corre como el agua, pero es más espeso que el agua, y esto por dos razones. En primer lugar, el agua, cuando es pura, es toda ella una sola sustancia. Por potente que fuera el microscopio con que se la mirara, nada se vería en ella. Es excesivamente trasparente ; puede verse muy bien aún á través de una gran cantidad de agua clara ; pero si se hiciera el experimento de mirar á través de una capa muy delgada de sangre, extendida entre dos cristales planos, se podría ver muy poco ó nada : *la sangre es muy opaca.* Examinando otra vez en el microscopio

una gota de sangre ¿qué se ve? *Un número de pequeños cuerpos redondos, que son los discos de la sangre ó los corpúsculos de la sangre* (Fig. 4, *A*). Observándolos con cuidado, se verá que en su mayor parte son redondos, como *B*; pero de vez en cuando se verán semejantes á *C*. Éste es uno de los

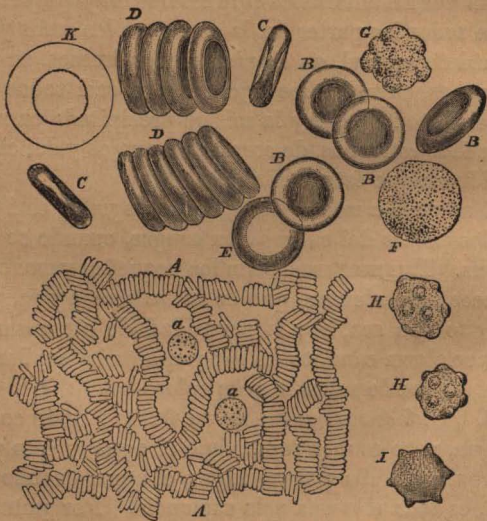


FIG. 4.—*Corpúsculos rojos y blancos de la sangre, aumentados de tamaño.*

A, aumentado moderadamente. Se ven los corpúsculos rojos dispuestos á manera de pilas de monedas; *a* y *a* representan dos corpúsculos blancos.

B, corpúsculos rojos mucho más aumentados de tamaño y vistos de frente; *C*, los mismos, vistos de perfil; *D*, los mismos, en rimeros, y más agrandados todavía; *E*, corpúsculo rojo hinchado hasta tomar la figura esférica, por haber embebido agua.

F, corpúsculo blanco agrandado en la misma proporción que *B*; *G*, el mismo con protuberancias irregulares; *K*, el mismo despues de sometido al ácido acético, y que enseña el núcleo; agrandado como en *D*.

H, corpúsculos rojos arrugados ó dentados en toda su superficie.

I, igual á los anteriores, pero con dientes sólo en el canto ó borde.

redondos visto de lado ; porque no son redondos ó esféricos como una pelota, sino circulares y con hoyos por el medio como algunas galleticas. Cuando se tiene uno á la vista, parece un poco amarillo de color, y nada más ; pero cuando hay un monton, éste es claramente encarnado. No se olvide que son muy pequeños : tres mil puestos en fila, de plano y tocándose por las orillas, como si fueran las piezas de un juego de damas, ocuparian la extension de una pulgada. Todo lo que la sangre tiene de encarnado se les debe á ellos. Cuando se ve uno solo, se ve tan poco color encarnado que parece amarillo. Si se pusiera una gota de sangre en un vaso de agua, no se teñiria el agua de rojo, sino que se pondria de un color amarillento, pues tan poca seria la cantidad de color rojo que la gota de sangre le daria. De la misma manera una rebanada muy fina de jalea de grosella parece amarillenta más bien que encarnada.

Estos corpúsculos rojos no son cuerpos sólidos y duros, sino delicados y blandos, muy tiernos, que se hacen pedazos con mucha facilidad, que se parecen á pequeñísimas migajas de jalea más que á otra cosa cualquiera, y que, no obstante, están constituidos de tal manera que aguantan todos los estrujones que sufren al ser arrastrados y empujados en su trayecto por todo el cuerpo.

Además de estos corpúsculos rojos, pueden verse, mirando atentamente, *otros cuerpecillos, apenas un poco más grandes que los corpúsculos rojos, que no tienen color ninguno, y que no son circulares y planos, sino enteramente redondos como una pelota*

(Fig. 4, *a*, *F*, *G*). Es decir, éstos son completamente redondos, las más veces ; pero tienen un modo muy curioso de cambiar de forma. Supóngase que se esté mirando un bollo tan pequeño, que puedan colocarse unos dos mil y quinientos en fila ocupando una sola pulgada, y supóngase que ese bollo redondo va cambiando sucesivamente, mientras se le está mirando, tomando la forma de un pastel de tres picos, y luego de otro, cuadrado, y después la de una pera, y más tarde una que á nada se parezca, para volver á su figura redonda ; y que esto lo sigue haciendo sin más motivo, al parecer, que su propio deseo, todo el tiempo que se le está mirando—¿no se pensaría que era esto muy curioso? Pues bien ; puede verse uno de estos pequeños cuerpos de la sangre de que venimos hablando, y que se llaman corpúsculos blancos, cuando se observa en el microscopio una gota de sangre, haciendo todo lo que llevamos dicho : cambiando continuamente de forma. Pero ya se aprenderá más acerca de estos *corpúsculos blancos* de la sangre, y sobre sus maravillosos movimientos, cuando se penetre más en los estudios fisiológicos.

23. Fuera de estos corpúsculos rojos y blancos no hay nada de mucha importancia en la sangre, que pueda verse con el microscopio ; pero su presencia en la sangre es una de las razones de ser la sangre más espesa que el agua.

¿Quién no habrá visto matar un cerdo ó un carnero? Todo el que lo haya visto habrá notado que la sangre salía completamente líquida de los vasos sanguíneos del cuello, salía y se derramaba

como si fuera agua en igual cantidad, pero que muy pronto la sangre recogida en el cubo ó vertida en las piedras se hacia casi sólida, de modo que podia cogerse á pedazos. Siempre que se derrama sangre del cuerpo vivo, se vuelve sólida en poco tiempo. Este hacerse sólida se llama *cuajarse ó coagularse la sangre*.

¿Qué la hace cuajarse? Supóngase que miéntras la sangre está cayendo del cuello del cerdo al cubo del carnicero, y cuando está todavía enteramente líquida, se toma un manojo de mimbres y con ellos se está meneando en redondo y no muy á prisa la sangre del cubo. Deberia creerse que la sangre empezaria pronto á coagularse, que se espesaria cada vez más, y que iria dificultándose la accion de menearla; pero no sucede así, y continuando meneándola por algun tiempo se ve que ya nunca se coagula. *Meneándola continuamente se impide que se cuaje*. Sáquese ahora el manojo de mimbres: estará cubierto todo él de una espesa masa rojiza de una sustancia blanda y pegajosa; y si se echa un buen chorro de agua sobre la masa roja, se podrá quitarle todo el color rojo, y nada quedará sino cierta sustancia blanca, blanda, pegajosa, formando hebras, toda enredada y entretejida entre los mimbres. Esta sustancia se compone, en realidad, de un número de hebras ó hilos delgados, delicados, blandos y elásticos, y se llama *fibrina*.

Se ve, pues, que agitando la sangre, ó meneándola en redondo con el haz de mimbres, se ha sacado de ella la fibrina, con lo cual se ha impedido que se cuaje.

Tomando uno de los cuajarones de la sangre que se derramó por tierra, ó un pedazo de la cuajada, en un cubo en el cual no se haya agitado la sangre, y lavándolo una y otra vez, se descubre, por último, que desaparece todo el color y nada queda sino una cantidad pequeña de sustancia blanca y fibrosa. Esta sustancia blanca y fibrosa es la fibrina, exactamente la misma que se quedaba en el manajo de mimbres.

Recogiendo con cuidado la sangre en un cubo, y no moviéndola absolutamente despues, se cuaja formando una masa sólida. Toda la sangre parece haberse convertido en una jalea completa; y si se la saca del cubo, como es fácil hacerlo, conserva la forma y es un verdadero molde del mismo, una gran jalea roja y temblorosa con la figura del interior del cubo.

Pero si la sangre se queda en el cubo durante algunas horas ó todo un dia, se encontrará, en vez de la jalea grande que casi rellenaba el cubo, una más pequeña, pero más dura, cubierta por un líquido incoloro ó de un amarillo muy claro, y flotando en él. Esta jalea, más firme y más pequeña, que despues de un dia, se haria aún más firme y más pequeña, que seguiria encogiéndose, puede todavía llamarse el *cuajaron*; el líquido claro en que flota se llama el *suer*o.

Lo que ha sucedido es lo siguiente. Poco despues de derramada la sangre, se ha formado en ella algo que ántes no existia. Este algo, que llamamos *fibrina*, se origina como una multitud de hilos finos y tiernos, que toman todas las direcciones en la

masa de sangre, formando en todas partes una red de mallas muy pequeñas. De esta manera queda la sangre encerrada en un inmenso número de pequeñas celdas formadas por dichas mallas de la fibrina; y esto es lo que la hace tener el aspecto de gelatina. Pero cada hilo de fibrina, en seguida de formado, empieza á encogerse, y la sangre que existe en cada una de las celdas á exprimirse á consecuencia del encogimiento de las paredes de fibrina, y á hacer esfuerzos por salirse. Los corpúsculos quedan presos en las mallas, pero todo el resto de la sangre pasa entre los hilos y sale por encima y por los lados del cubo. Y esto continúa hasta que en el cuajaron haya quedado muy poco que no sea los corpúsculos enredados en la red de fibrina, y todo lo demas de la sangre se haya escurrido fuera del cuajaron, y entónces se llama suero. *El suero es, pues, la sangre de la cual se han filtrado los corpúsculos en el procedimiento de la coagulación.*

Yo me atrevo á decir que á todo el mundo se ocurren las siguientes preguntas. Si la sangre se cuaja tan á prisa cuando se derrama, ¿por qué no se cuaja dentro del cuerpo? ¿Por qué está siempre líquida nuestra sangre? Ésta es una pregunta muy difícil, por cierto, de responder. Cuando la sangre sale del cuerpo, que está caliente, se enfría pronto: pero no se cuaja y se solidifica porque se enfríe, como sucede en la gelatina. Evitando que se enfríe, se cuaja no obstante, y aún más á prisa, y conservándola en cierto grado de frio, no llega á cuajarse. Tampoco se coagula despues de derramarse,

porque se haya quedado en reposo, y no esté ya corriendo por los vasos sanguíneos, ni porque esté expuesta al aire. Acaso no sepamos exactamente la razón, y mucho hay que aprender más adelante sobre la coagulación de la sangre. Todo lo que ahora diré es, que mientras la sangre está en el cuerpo, hay algo funcionando para que no se cuaje. Algunas veces se coagula en el cuerpo, y quedan atarugados los vasos sanguíneos con los cuajarones; pero esto constituye una enfermedad muy peligrosa.

24. Ahora bien, la sangre es más espesa que el agua, porque contiene corpúsculos sólidos y fibrina; pero aún el suero, es decir, la sangre de la cual se han sacado la fibrina y los corpúsculos, es más espeso que el agua.

Sabido es que si se toma una cantidad cualquiera de agua pura y se la hace hervir, se queda reducida á nada. Toda se va convertida en vapor; pero si se trata de hervir una cantidad de suero, se verá que ocurren cosas raras.

En primer lugar, no se consigue que hierva: ántes de adquirir el grado de calor del agua hirviendo, el suero, que ántes parecia tan líquido como el agua, con la diferencia de ser un poco pegajoso cuando en él se mojaba el dedo, se vuelve enteramente sólido. Conocida es la diferencia entre el huevo crudo y el cocido. La clara del crudo, aunque muy pegajosa, y haciendo madejas ó viscosa, que así se llama, es sin embargo líquida, y difícil empresa seria la de cortarla con un cuchillo. La clara del huevo duro, del que ya se ha cocido, es, por el contrario, enteramente sólida, y puede cortarse

en capas tan finas, como se quiera. Se ha hecho sólida por el agua hirviendo. El suero de la sangre es en este concepto muy parecido á la clara del huevo. Lo cierto es que ámbos contienen la misma sustancia, llamada *albúmina*, que tiene esta propiedad, de coagularse ó solidificarse cuando se la calienta hasta el punto de hervir. Tanto el suero de la sangre como la clara de huevo, en estado sólido, están húmedos, es decir, contienen una gran parte de agua. Puede uno secarlos de un modo conveniente hasta convertirlos en una sustancia córnea y trasparente. Cuando están enteramente secos arden fácilmente. Son, por tanto, cosas que pueden oxidarse. Quemados producen ácido carbónico, agua y amoniaco; fácil es reconocer la existencia de este último por el efecto que se produce en la nariz cuando se quema un pedazo seco de sangre en una llama. Ahora bien, al decir que la *albúmina*, al quemarse, da ácido carbónico, agua y amoniaco, se sabe ya por la química que indispensablemente han de contener carbono para formar el ácido carbónico, hidrógeno para formar el agua, y ázoe para formar el amoniaco. No necesitan contener oxígeno, pues ya sabemos que puede tomar del aire todo cuanto necesite; pero, con todo, contiene algun oxígeno. *La albúmina, pues, es un cuerpo oxidable ó combustible compuesto de ázoe, carbono, hidrógeno y oxígeno.* Es importante no olvidar esto; pero ahora no diremos qué parte entra de cada cosa, porque es una sustancia muy compleja, compuesta de un modo asombroso, mucho más complicado que ninguna de las cosas que habrá que aprender en las

Nociones de Química. Esta albúmina, disuelta en mucha agua, forma el suero de la sangre.

Nada se ha dicho todavía acerca de la composición de la fibrina ; pero ésta, como la albúmina, se compone de ázoe, carbono, hidrógeno y oxígeno. No es enteramente la misma cosa que la albúmina, pero prima hermana. Hay otra prima hermana de ámbas, que tambien contiene ázoe, carbono, hidrógeno y oxígeno, todo lo cual con una gran cantidad de agua, forma el músculo ; otra, forma una gran parte de los corpúsculos rojos ; y hay, repartidas por todo el cuerpo y en distintos lugares, primas hermanas de la albúmina, que todas contienen ázoe, carbono, hidrógeno y oxígeno ; que todas son combustibles ; y que todas, al quemarse, producen ácido carbónico, agua y amoníaco. Todas estas primas hermanas son conocidas con el mismo nombre ; se llaman *proteídeas*.

25. Ahora bien, la sangre es más espesa que el agua, por razon de las proteídeas que hay en los corpúsculos, en la fibrina y en el suero ; pero hay alguna cosa además. Seria una molestia inútil la de enumerar la multitud de cosas, de las cuales hay quizás algunos granos en un galon de sangre, como los polvos de varias especias que un cocinero pone en un plato sazonado ; aunque, conforme se vaya avanzando en el estudio, se verá que éstas, como otras muchas cosas pequeñas del mundo, son de una gran importancia.

Pero precisa recordar esto : si se toma un poco de sangre seca y se la quema, aunque puedan quemarse todas las proteídeas y algunas otras de las

cosillas de que acabamos de hablar, no se podrá consumir toda la sangre con el fuego. Quémese como se quisiere, siempre quedará una cantidad de lo que se ha aprendido en Química á llamar ceniza, *y examinando esta ceniza, se descubrirá que contiene los muchos elementos que á continuacion se expresan: azufre, fósforo, cloro, potasio, sodio, calcio, y hierro, siendo el último el más abundante é importante.*

La sangre es, pues, un líquido maravilloso: maravilloso por cuanto está compuesto de corpúsculos con color y de líquido incoloro, maravilloso por su fibrina y por su propiedad de coagularse, maravilloso por las muchas sustancias que contiene, por las proteídeas, por las cenizas ó minerales, y por todas las demas cosas que hay encerradas en los corpúsculos y en el suero.

Pero cesará el asombro cuando se llegue á saber que la sangre es el gran mercado circulante del cuerpo, en el cual se venden y se compran todas las cosas que todas las partes necesitan, los músculos, el cerebro, la piel, los pulmones, el hígado y los riñones. Lo que el músculo necesita, lo compra, como ya hemos visto, de la sangre; lo que con ello ha hecho se lo vende otra vez á la sangre; y lo mismo hacen todos los demas órganos y partes. Miéntas dura la vida, están siempre continuando las ventas y las compras, y hé ahí la razon porque la sangre está siempre en movimiento, corriendo incesantemente de uno á otro sitio, conduciendo á cada parte lo que ella necesita, y llevándose lo que ya está labrado ó hecho. Cuando la sangre

deja de moverse, el mercado se cierra, cesan las ventas y compras, y todos los órganos mueren, por el hambre de las cosas que necesitan, y ahogados por la superabundancia de cosas de que ya no tienen necesidad ninguna.

Ahora tememos que aprender cómo la sangre se está moviendo continuamente.

CÓMO SE MUEVE LA SANGRE—V.

26. Ya se ha aprendido á distinguir los vasos sanguíneos del conejo, y á distinguir dos clases—las arterias, que en el animal muerto contienen poca sangre ó ninguna y cuyas paredes son más bien fuertes; y las venas, llenas generalmente de sangre, y cuyas paredes son más delgadas y flojas. Cuando se corta una arteria, queda generalmente un boquete abierto. Cuanto mayores sean las arterias, tanto más fuertes y firmes son, y tanto mayor es la diferencia entre ellas y las venas.

También se han estudiado los capilares en el pié de la rana: se ha visto que son canales muy delgaditos, cuyas paredes son delgadísimas y ternísimas, formando una red muy compacta en la cual concluyen las arterias más pequeñas y desde la cual salen las venas más pequeñas.

También se ha dicho ya que en toda la extensión del cuerpo humano, en todas partes, hay, aunque no es posible verlos, redes de capilares como los del pié de la rana que podían verse; que todas las arterias del cuerpo humano acaban en capilares y que todas las venas empiezan en capilares. Debe

repetirse, ahora, que con excepcion de una ó dos estructuras, no hay parte del cuerpo humano en la cual no pueda verse, con ayuda del microscopio, una arterita que se ramifica hasta perderse en una red de capilares, de los cuales, como de otras tantas raíces, sale y va formándose una venita.

En algunos lugares la red es muy espesa, y están los capilares más juntos, unos de otros, que lo estaban en el pié mismo de la rana ; en otros, la red es más clara, y los capilares están más separados ; pero en todas partes, con pocas excepciones que se aprenderán más adelante, hay capilares, arterias y venas.

Supóngase que uno mismo es un pequeño corpúsculo rojo solitario, y que está aislado y sin compañía en los vasos sanguíneos enteramente vacíos de un cuerpo muerto, apretado en el estrecho conducto de un capilar, por ejemplo del músculo biceps del brazo, con la facultad de mudar de un lado á otro, y con ansiedad de explorar el país en que se encuentra. Habrá dos caminos de emprender la marcha. Supongamos primeramente que se empieza por el camino que podría llamarse de detras. Abriéndose paso por el estrecho pasaje del capilar en que apénas hay espacio para moverse, se encontrarian á los pocos pasos, á derecha é izquierda, las aberturas de otros canales capilares tan pequeños como el que se va recorriendo. Dejándolos al paso, verá uno por fin que el pasaje se va ensanchando, que hay más espacio para moverse, y que cuantas más son las aberturas pasadas, tanto más ancho y más alto se va haciendo el túnel, en el cual se va tanteando el camino. Las paredes del túnel se van

haciendo más fuertes á cada nuevo paso que se da, y su espesor y firmeza irán señalando que se está ya en una arteria, pero el interior será deliciosamente liso. Al seguir el camino, se irán pasando aberturas que dan á túneles semejantes, pero cuanto más léjos se va, disminuye en número. Algunas veces serán más pequeños los túneles á donde conducen estas aberturas, otras veces más grandes, otras de igual tamaño, que aquel en que uno se encuentra. Algunas veces se verá alguno que será tanto mayor, que parecerá absurdo decir que se comunica con el túnel propio. Por el contrario, parecerá que está uno saliendo de un pasaje estrecho que desemboca en una grande y anchurosa avenida. Podria decirse sin riesgo que se observaria que cada vez que un pasaje se comunicaba con otro, el camino se ensanchaba repentinamente, y seguia luégo del mismo tamaño próximamente hasta llegar á otra abertura. Viajando siempre adelante de esta manera, al cabo de algun tiempo se encontraria uno en un gran túnel ancho, tan enorme, que uno, pobre corpúsculo insignificante, se creeria en él completamente perdido. Si hubie-ra á quien preguntar, la respuesta seria que era la arteria principal del brazo. Adelantando por ésta, y pasando muy pocas aberturas, aunque en su mayor parte grandes, se caerá de repente en un espacio tan vasto, que al principio apénas podrá uno darse cuenta de que se trata del túnel de una arteria, como aquellas en que ántes se habia viajado. Éste se llama la *aorta*, la mayor de las arterias; y andando un poco más, se llegará al corazon.

Supongamos ahora que se deshace el camino andado, que se vuelve de la aorta á la arteria principal del brazo, y luégo, otra vez desandando, por túneles cada vez más estrechos hasta llegar de nuevo al sitio de donde se salió, para andar el camino contrario del capilar. Se verá que este camino conduce tambien, de un modo muy semejante, á pasajes cada vez más anchos. Pero no puede ménos de notarse que aunque el interior de todos los pasajes es tan liso como ántes, las paredes no son tanes pesas ni tan fuertes. Esto es señal de que se está en las venas y no en las arterias. Tambien se encontrará algo que no se parece á nada de lo visto en las arterias (excepto, tal vez, casi junto al corazon). De vez en cuando se encontrará lo que á todo el mundo pareceria una de esas relojas que se cuelgan algunas veces á la cabecera de la cama, una relojera con la abertura abierta en la direccion en que uno va andando. Esto se llama una *válvula*, y está hecha de membrana ó piel delgada, pero muy fuerte. Algunas veces, en las venas más pequeñas, se encontrará una de esas relojas sola, otras habrá dos ó tres juntas, y puede afirmarse que se verá con mucha frecuencia, que inmediatamente despues de haber pasado por una de estas válvulas, se llega á un punto donde una vena se une con otra.

Pero, si no fuera por estas diferencias, el viaje por las venas seria como el hecho por las arterias, y por último, se encontrará uno en una gran vena, cuyo nombre se aprenderá que es *vena cava*, ó vena hueca (ó mejor dicho, *vena cava superior*, porque, si bien no hay más que una aorta, hay dos grandes

“venas huecas,”) y desde ella no hay más que un paso al corazon. Así, pues, se ve que saliendo del capilar (lo mismo del capilar del brazo, que de otro cualquiera situado en otra parte) váyase por las arterias, ó váyase por las venas, se llega finalmente al corazon.

Antes de seguir más adelante, tenemos que aprender algo acerca del corazon.

27. Pídase al carnicero una asadura de carnero. La tendrá probablemente colgada de un clavo en la tienda. Échese una mirada ántes de que la descuelgue. El gancho en que está colgada atraviesa la tráquea. Se verá que en el carnero, como en el conejo, está la tráquea guarnecida toda con anillos de cartílago, sólo que son mucho más grandes y bastos. Debajo de la tráquea están los esponjosos pulmones, y entre los dos descansa el corazon, que quizás está cubierto con una piel, y por eso no se le ve. Colgando del corazon y de los pulmones está la gran masa del hígado. Cuando ya se tenga en casa la asadura, sepárese el hígado, quítese la piel (se llama pericardio) que cubre el corazon, si ántes ya no se hubiere hecho, y pónganse los pulmones abiertos en una mesa con el corazon entre ellos. Se tendrá algo muy parecido á lo que está representado en la Fig. 5. Si uno pudiera mirarse á traves de su pecho y de frente, para verse el corazon y los pulmones colocados en su sitio, se veria una cosa no muy diferente.

Si ahora se agarra el corazon, y para aprender fisiología es indispensable tomar esas cosas con la mano, no será difícil encontrar los grandes tubos

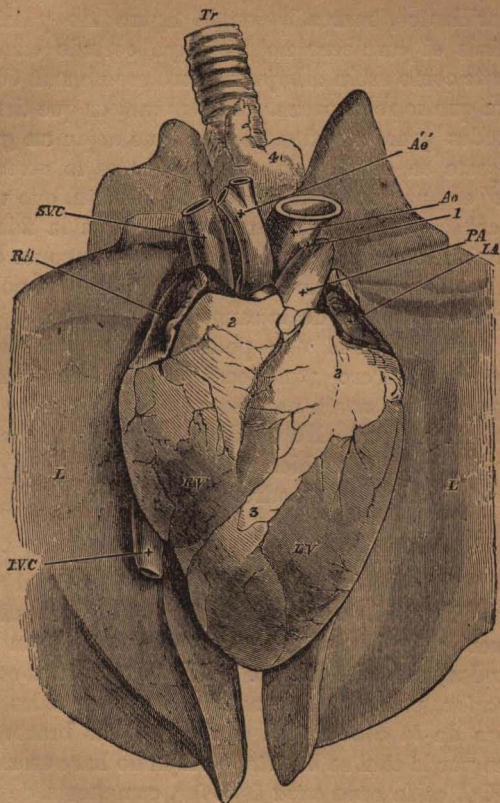


FIG. 5.—Corazon de carnero, visto despues de sacado del cuerpo, descansando sobre los dos pulmones. Se ha arrancado el pericardio, pero no se han hecho más disecciones.

R.A., apéndice auricular de la aurícula derecha; *L.A.*, apéndice auricular de la aurícula izquierda; *R.V.*, ventrículo derecho; *L.V.*, ventrículo izquierdo; *S.V.C.*, vena cava superior; *I.V.C.*, vena cava inferior; *P.A.*, arteria pulmonar; *Ao.*, aorta; *A'o'*, rama sin nombre de la aorta que se divide en arterias carótida y subclavia; *L.*, pulmon; *Tr.*, tráquea. 1, cordon sólido que se en-

amarillentos, marcados en la figura *Ao* y *A'o'*. Quizás el carnicero no los haya cortado exactamente como están dibujados, pero eso no será óbice para que se reconozcan. Se reparará en que tienen paredes gruesas y fuertes, y en que dejan un gran boquete en el sitio del corte. *Ao* es la *aorta*, y *A'o'* es una gran ramificación de la aorta, que va á la cabeza y cuello por un lado, quizás la misma ramificación por la cual acabamos de suponer que se ha estado viajando, convertido en un pobre corpúsculillo rojo de la sangre. Si se introdujera un alambre por *A'o'* se podría sacarlo por *Ao*, ó vice-versa. Pero ¿qué cosa es *P.A.* que tanto se parece á la aorta, aunque se ve que no tiene connexion con ella? No puede pasarse un alambre de una á otra. Es tambien una arteria, la *arteria pulmonar*. Algo más tendremos que decir de ella inmediatamente.

Tratemos ahora de encontrar lo que en la figura está marcado como *S.V.C.* é *I.V.C.* Tal vez haya dificultad en hacerlo, y despues de conseguido, se verá en qué ha consistido la dificultad. Son las grandes venas del cuerpo. *S.V.C.* es la *vena cava superior*, para cuya formacion se unen todas las venas de la cabeza, del cuello y de los brazos, la vena por la cual se ha estado viajando hace un rato. *I.V.C.* es la *vena cava inferior*, compuesta de todas las venas del tronco y de las piernas. Por ser

cuentra muchas veces, resto de una comunicacion que hubo en un tiempo entre la arteria pulmonar y la aorta. 2, masas de grasa en las bases del ventriculo que ocultan á la vista en su mayor parte las aurículas. 3, línea de grasa que marca la division entre los dos ventriculos. 4, masa de grasa que cubre la tráquea.

venas, tienen paredes delgadas y flojas ; y sus costados caen por todas partes, de modo que no parecen más que plieguecillos de la piel, y es muy difícil encontrar el paso por su interior. Pero cuando ya se ha encontrado la entrada del conducto, se verá que éste es bastante ancho, y que sus paredes, aunque mucho más delgadas que las de la aorta, tan delgadas que ciertamente son casi transparentes, son sin embargo fuertes en cierto modo. Si se introduce un mango de pluma ó una varilla delgada, en cualquiera de las dos, se verá que ámbas parecen dirigirse directamente al centro del corazon. Con algun cuidado puede subirse una varilla á *I. V. C.*, y sacar su punta por la parte superior de *S. V. C.* Naturalmente es preciso para esto que no se hayan dejado grandes pedazos de ninguna de estas venas.

28. Antes de seguir más adelante en el exámen del corazon del carnero, digamos algo acerca del mismo, valiéndonos del diagrama de la Fig. 6, en la cual se quiere representar toda la circulacion. Es indispensable recordar que esta figura es un *diagrama*, y no un retrato ; no representa la manera cómo los vasos sanguíneos están en realidad arreglados en el cuerpo. Si no hubiera brazos ni piernas, y si sólo se tuvieran unos pocos capilares encima de la cabeza y en la extremidad baja del tronco, se pareceria el cuerpo más á la figura.

En el centro de la figura está el corazon. Éste, como se ve, está completamente dividido en dos mitades por un tabique vertical ; la mitad de la derecha, y la mitad de la izquierda. Cada mitad está separada, pero no completamente dividida, en

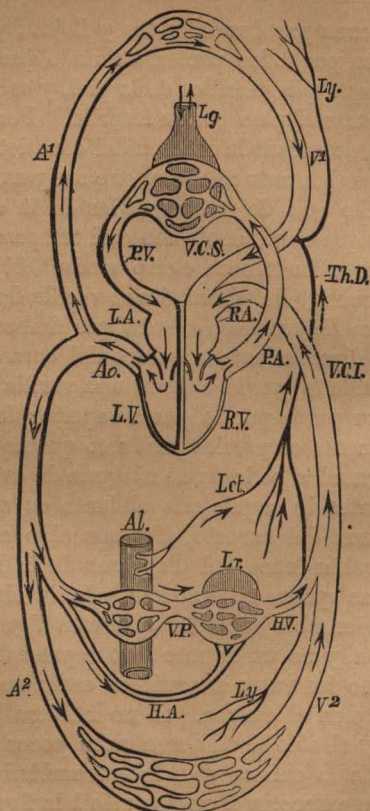


FIG. 6.—Diagrama del corazón y vasos, con el curso de la circulación, visto por detrás de modo que la izquierda del observador corresponda con el lado izquierdo del corazón en el diagrama.

L.A., aurícula izquierda; L.V., ventrículo izquierdo; Ao., aorta; A¹, arterias que van á la parte superior del cuerpo; A², arterias que van á la parte inferior; H.A., arteria hepática, que provee al hígado de parte de su sangre; V¹, venas de la parte superior del cuerpo; V², venas de la parte inferior del cuerpo; V.P., vena porta; H.V., vena hepática; V.C.I., vena cava inferior;

dos departamentos, una cámara superior y otra inferior : de modo que hay, entre todos, cuatro departamentos, dos superiores, uno á cada lado, marcados *R.A.* y *L.A.*, que se llaman *las aurículas derecha é izquierda* ; y dos inferiores, uno á cada lado, marcados *R.V.* y *L.V.*, que se llaman *los ventrículos derecho é izquierdo*. La aurícula derecha, *R.A.*, comunica en la direccion de la flecha con el ventrículo derecho, *R.V.*, cerrando la abertura, como veremos, una válvula. La aurícula izquierda, *L.A.*, comunica con el ventrículo izquierdo, *L.V.*, estando igualmente la abertura protegida por una válvula ; pero hay que dar un rodeo completo para ir de la aurícula ó ventrículo derecho á la aurícula ó ventrículo izquierdo. Veamos cómo damos la vuelta á la figura. Supongamos que empezamos con los dos tubos marcados *V.C.S.* y *V.C.I.*, cuyas paredes están dibujadas con líneas delgadas. Éstas dos comunican ámbas con la aurícula derecha. Son las venas cavas superior é inferior, que se acaban de descubrir en el corazon del carnero. Desde la aurícula derecha se pasa fácilmente al ventrículo derecho ; por esto, siguiendo la flecha, es recto el camino al tubo marcado *P.A.* Esta es la arteria pulmonar, cuyo exterior se ha visto ya en el corazon del carnero (Fig. 5, *P.A.*). Viajando por esta arteria pulmonar, se llega á los pulmones, y despues de pasar por ramificaciones que no se ven en la

V.C.S., vena cava superior ; *R.A.*, aurícula derecha ; *R.V.*, ventrículo derecho ; *P.A.*, arteria pulmonar ; *Lg.*, pulmon ; *P.V.*, vena pulmonar ; *Lct.*, lactíferos ; *Ly.*, linfáticos ; *Th. D.*, conducto torácico ; *Al.*, canal digestivo ; *Lr.*, hígado. Las flechas indican la direccion de la sangre, linfa y quilo. Los vasos que contienen sangre arterial tienen contornos oscuros, y los que llevan sangre venosa contornos claros.

figura, abriéndose camino por arterias que de continuo se van haciendo cada vez más pequeñas, se encontrará uno por fin en los capilares de los pulmones. Forzando el paso por éstas, se sale á las venas, y avanzando poco á poco por venas cada vez más grandes hasta que, siguiendo la flecha, se encuentra uno en una de las cuatro venas grandes (solamente hay una representada en el diagrama) que han de llevarle á la aurícula izquierda. De la aurícula izquierda no hay sino un paso que dar para caer en el ventrículo izquierdo. Desde el ventrículo izquierdo está el camino abierto, segun lo indica la flecha, al tubo marcado *Ao*. Este representa la aorta, que ya se ha visto en el corazon del carnero (Fig. 5, *Ao*). Aquí está dibujada para mayor sencillez, como dividida en dos ramas, pero ya se ha dicho, y es necesario no olvidarlo, que en realidad no se divide así, sino que se ramifica en muchos tubos de varios tamaños. Sin embargo, refiriéndonos á la figura tal cual está dibujada, supongamos que viajamos por *A*¹. Siguiendo la flecha, y metiéndonos por las arterias que van siendo cada vez más pequeñas, llegamos por último á los capilares de alguna parte, en la piel ó en algun músculo, ó en un hueso, ó en el cerebro, ó casi en todos los puntos de la parte superior del cuerpo. De los capilares salimos á las venas, las cuales, uniéndose y formando así troncos cada vez mayores, nos llevan por fin al punto de donde salimos, la vena cava superior, *S. V. C.* Si hubiésemos tomado el otro camino, *A*², hubiéramos pasado por capilares de algun sitio en la parte inferior del

cuerpo, en vez de estar en la superior, y hubiéramos vuelto por la vena cava inferior, *I. V. C.*, en lugar de la vena cava superior. *Saliendo de la aurícula derecha, y tomando cualquier camino, siempre volveremos de nuevo á la aurícula derecha, y en nuestro viaje tendremos que pasar por las cosas siguientes en el órden en que las enumeramos: aurícula derecha, ventrículo derecho, arteria pulmonar, arterias, capilares, y venas de los pulmones, vena pulmonar, aurícula izquierda, ventrículo izquierdo, aorta, arterias, capilares y venas de alguna parte del cuerpo, y vena cava superior ó inferior.* Tal es el curso de la circulacion; pero hay algo que añadir. Entre las muchas ramificaciones grandes, no dibujadas en el diagrama, y que salen de la aorta hácia la parte inferior del cuerpo, hay dos ramas que se han dibujado y que merecen mencion especial.

Una es una ramificacion grande que lleva sangre al tubo *L.A.*, lo cual significa en el diagrama el estómago, los intestinos y algunos otros órganos. Esta ramificacion, como todas las demas de la aorta, se divide en arterias pequeñas, y éstas en capilares, que vuelven luego á agruparse formando venas, y éstas, por último, otra mayor marcada *V.P.* en el diagrama y que se llama *la vena porta*. Pero lo notable es que esta vena no va, como todas las otras, á unirse directamente á la vena cava, sino que se dirige al hígado, donde se divide en otras venas cada vez más pequeñas, hasta que al fin se parte completamente en el hígado, formando otra vez un juego de capilares. Estos capilares vuelven

á reunirse en venas, formando al cabo un tubo grande, llamado *la vena hepática*,* *H. V*, que hace lo que la vena porta debió haber hecho y no hizo : comunica directamente con la vena cava.

La otra ramificacion de la aorta de que estamos hablando va directamente al hígado y se llama la *arteria hepática*, *H. A.* : allí se parte dentro del hígado en arterias pequeñas, y luego en capilares, que se mezclan con los de la vena porta, y forman un sistema, del cual nacen las venas hepáticas. Se ve, pues, que es muy diferente para un corpúsculo rojo que viaja por la parte inferior de la aorta *A*², dar un rodeo por la rama que va al canal digestivo, ó ir directamente á entrar, por ejemplo, en una ramificacion que vaya á alguna parte de la pierna. En el último caso, habiendo atravesado un grupo de capilares, pronto se vuelve á la vena cava ó al camino que va al corazon. Pero si toma la via del canal digestivo, se encuentra, despues de haber pasado por los capilares y entrado en la vena porta, con que todavía tiene que atravesar otro grupo de capilares del hígado, ántes de poder pasar por la vena hepática á la vena cava.

Éste es, pues, el curso de la circulacion. Al lado derecho del corazon, la arteria pulmonar, los capilares de los pulmones, la vena pulmonar ; al lado izquierdo del corazon, la aorta, los capilares de alguna parte, algunas veces dos grupos, otras uno, vena cava, y otra vez al lado derecho del corazon. Un pequeño corpúsculo no puede pasar del lado derecho al izquierdo del corazon sin atravesar por

* De *hepar*, hígado ; vena del hígado.

capilares de algunas partes del cuerpo, y si aconteciese que tomaba el camino del estómago, tiene que atravesar dos grupos de capilares, en vez de uno solo.

Se ve, pues, que hay realmente dos circulaciones, y que se tienen dos corazones reunidos en uno. Con la suficiente habilidad, se podría abrir el corazón por medio y separar las dos mitades, y entón-ces se tendria un corazón que recibiría todas las venas del cuerpo, y del cual saldrían sus arterias (ramificaciones de la arteria pulmonar) todas para los pulmones, y otro corazón que recibiría todas las venas de los pulmones y del cual saldrían las arterias (ramificaciones de la aorta) para todo el cuerpo. Y se tendrían dos circulaciones : una que pasaría por los pulmones y otra por el resto del cuerpo, y que vendrían á juntarse. Con mucha frecuencia se habla de dos circulaciones, y por la razón de ser los pulmones tanto más pequeños que el resto del cuerpo, la circulacion que pasa por los pulmones se llama la circulacion menor, y la que pasa por el resto del cuerpo la circulacion mayor.

29. He descrito la circulacion como si siempre caminara la sangre en una direccion desde el lado derecho del corazón al izquierdo, desde las arterias á las venas, en el sentido que marcan las flechas en el diagrama. Y así sucede. No puede dar la vuelta en direccion contraria. *¿ Por qué va en ese sentido ? ¿ Por qué no puede dar la vuelta al contrario ?*

Hay que buscar las razones, parte en el corazón y parte en las venas.

En las venas la sangre pasará solamente desde

los capilares al corazon. ¿Por qué no desde el corazon á los capilares? Se recordarán aquellas válvulas en figura de relojas, que se encuentran de vez en cuando, algunas veces una, otras veces dos y otras tres en hilera. *Se recordará que las aberturas de esas relojas estaban siempre vueltas hácia el corazon.* Supongamos ahora una porcion de pequeños corpúsculos que van precipitándose por una vena en direccion del corazon. Cuando llegan á una de dichas válvulas, en forma de relojas, no harán más que pasar sobre ella sin casi notar su existencia, y seguir su camino como si nada hubiera sucedido; pero supongamos que van en sentido contrario, desde el corazon á los capilares. Cuando lleguen á la abertura de una válvula relojera, algunos se meterian seguramente en la bolsa y entónces ésta formaria barriga, y cuanto mayor fuera ésta más sangre entraria en ella, hasta que finalmente se llenaria tanto de sangre, que haria presion contra la parte superior de la vena, como se ve en la Fig. 7 (ó, caso de haber dos ó tres, se juntarian), y de esta manera interceptarian la vena por completo. Para disipar toda duda, hágase una relojera con un pedazo de tela cualquiera, cosiéndola á un papel de estraza con el cual se haga un tubo, de modo que la válvula quede perfectamente dentro del tubo. Si se echan lentejas dentro del tubo, en la direccion en que se abre la boca de la válvula, se saldrán en seguida del tubo; pero si se trata de echarlas del otro modo, pronto se atascará el tubo, y si entónces se desenrolla con cuidado, se encontrará la bolsita rebosando lentejas.

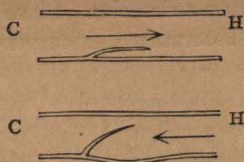


FIG. 7.—Secciones diagramáticas de venas con válvulas.

En la superior, se ha supuesto que la sangre está corriendo en la dirección de la flecha, hacia el corazón; en la inferior, en sentido contrario. C, lado de los capilares; H, lado del corazón.

Las válvulas, pues, dejan que la sangre pase fácilmente de los capilares al corazón, pero no permiten que vaya en dirección contraria. Desnudándose el brazo pueden verse algunas venas en la piel, por las cuales corre la sangre desde la mano al hombro. Si con el dedo se oprime una de estas venas empujándola hacia la mano, se hinchará, y observándola cuidadosamente, se verá que hay en ella nuditos salpicados, efecto de haber formado combas esas válvulas en forma de relojera. Si se oprime en dirección opuesta, hacia el codo, se vaciará fácilmente, y si con otro dedo se impide que la sangre de detras, esto es, la que viene de la mano, éntre, la vena se quedará vacía durante un larguísimo espacio de tiempo.

La presencia de válvulas en las venas es, por tanto, una razón para que la sangre se mueva en un sentido, pero hay otras, que son las principales, que han de buscarse en el corazón.

Volvamos ahora al corazón del carnero.

30. Por el diagrama se sabe que las dos grandes venas, la vena cava superior y la inferior, comuni-

can con la aurícula derecha. Si se hienden estas dos venas en el corazón del carnero, se verá que

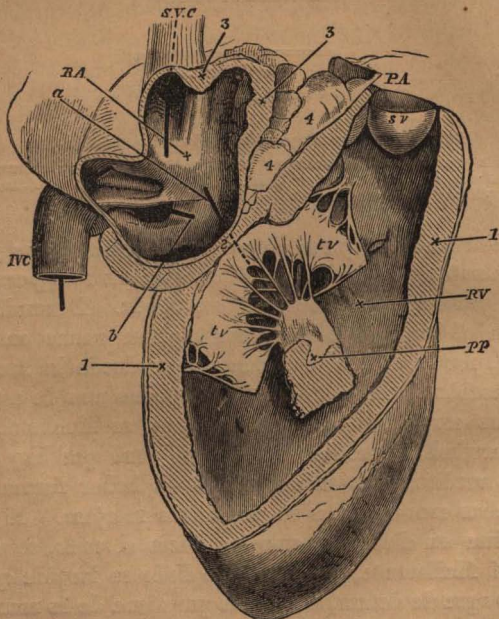


FIG. 8.—Lado derecho del corazón de un carnero.

R.A., cavidad de la aurícula derecha; *S.V.C.*, vena cava superior; *I.V.C.*, vena cava inferior; (se ha introducido un trozo de ballena en cada una de estas venas; *a*, ballena pasada desde la aurícula al ventrículo, por el orificio aurículo-ventricular; *b*, ballena introducida en la vena coronaria.

R.V., cavidad del ventrículo derecho; *tv, tv*, dos solapas de la válvula tricúspide; la tercera se ve oscuramente detras de ellos, la ballena *a* pasa entre los tres. Entre las dos solapas, y unido á ellas por cuerdas tendinosas, hay un músculo papilar *P.P.* que se ha cortado de su union con aquella parte del ventrículo, que se ha suprimido. Por encima, termina el ventrículo de un modo parecido á una chimenea en la arteria pulmonar, *P.A.* Se ve enteramente una de las bolsas de la valva semilunar, *sv*, y la otra en parte.

1, pared del ventrículo cortado al traves; 2, posicion del anillo aurículo-ventricular; 3, pared de la aurícula; 4, masas de grasa situadas entre la aurícula y la arteria pulmonar.

terminan en aberturas separadas dentro de una cavidad pequeña, cuyo interior es liso en su mayor parte, y cuyas paredes, compuestas de músculos como ya se verá, no son muy gruesas. Esta cavidad pequeña es la aurícula derecha, *R.A.* en la Fig. 8, donde las grandes venas no están rajadas, pero donde se ha suprimido el frente de la aurícula. En esta aurícula, además de las comunicaciones con las dos grandes venas y de otra abertura que pertenece

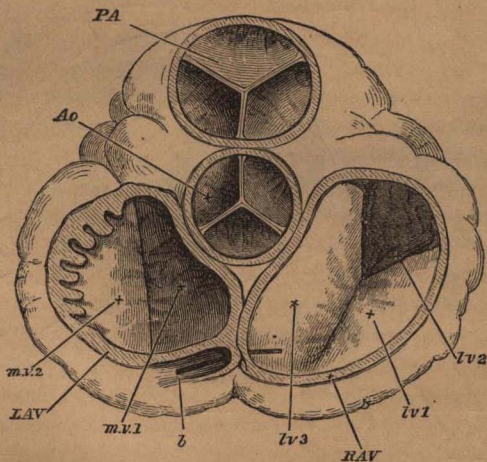


FIG. 9.—Los orificios del corazón vistos desde arriba, suprimidas las aurículas y los grandes vasos.

P.A., arteria pulmonar, con sus valvas semilunares. *Ao*, aorta, idem.

R.A.V., orificio aurículo-ventricular derecho con las tres solapas (*lv. 1, 2, 3*) de la válvula tricúspide.

L.A.V., orificio aurículo-ventricular izquierdo, con *m.v. 1* y *2*, solapas de la válvula mitral; *b*, ballena introducida en la vena coronaria. Sobre la parte izquierda de *L.A.V.* se ha llevado á través del apéndice auricular la sección de la aurícula; de aquí proviene el aspecto dentado, debido á las partes de relieve cortadas á través.

á una vena que viene del corazon mismo (Fig. 8, *b*), hay otra grande, que se dirige directamente hácia abajo, y dentro de la cual pueden meterse tres dedos. Ésta es la abertura que comunica con el ventrículo derecho : y no habrá dificultad en pasar los dedos desde la aurícula al ventrículo y de volverlos á sacar.

Pero sosténgase el corazon en una mano con la

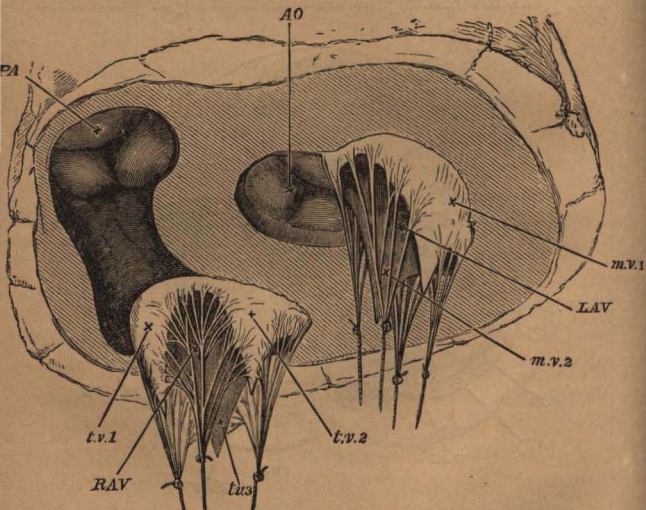


FIG. 10.— *Vista de los orificios del corazon desde abajo, suprimidos todos los ventriculos.*

R. A. V., orificio auriculo-ventricular derecho rodeado por las tres solapas *t.v. 1*, *t.v. 2*, *t.v. 3*, de la válvula tricúspide; éstas están estirados por pesos unidos á las cuerdas tendinosas.

L. A. V., orificio auriculo-ventricular izquierdo rodeado de la misma manera por las dos solapas *m.v. 1*, *m.v. 2*, de la válvula mitral; *P. A.*, el orificio de la arteria pulmonar, juntas y cerradas las válvulas semilunares; *Ao*, el orificio de la aorta con sus válvulas semilunares. La porcion sombreada, que va de *R. A. V.* á *P. A.*, representa el cañon de chimenea visto en la Fig. 8.

aurícula hácia arriba, y trátase de echar agua en el ventrículo. Las primeras cucharadas entrarán perfectamente, y despues se verá que flotando sube hácia la abertura una piel delgada ó membrana, y cierra completamente la entrada desde la aurícula al ventrículo; el agua llenará inmediatamente la aurícula y se derramará. Si se observa cuidadosamente la membrana al ir formando barriga, se verá que se compone de tres piezas juntas, como se ve en la Fig. 9 (*lv. 1, lv. 2, lv. 3*). Estas tres piezas forman la válvula que hay entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho, llamada la *tricúspide*, ó válvula de tres picos. El por qué se llama así podrá comprenderse si se abre completamente el ventrículo derecho, cortando con un par de tijeras desde la aurícula al ventrículo á lo largo del costado del corazon, ó separando con un corte el frente del ventrículo como ya se ha hecho en la Fig. 8. Se verá entónces que la válvula se compone de tres solapillas triangulares, que crecen juntas al rededor de la abertura con sus puntas colgando dentro de la cavidad del ventrículo (Fig. 10, *t.v.*). No cuelgan, sin embargo, enteramente sueltos. Se verá que están cosidos á los lados de los festones hilos muy delgados, cuyas otras extremidades están unidas á los lados del ventrículo, y muchas veces á pequeñas proyecciones de carne llamadas músculos papilares (Fig. 8, *P.P.*).

¿Cómo funcionan estas válvulas? De esta manera. Cuando el ventrículo está vacío, y entra en él desde la aurícula sangre ó agua ó cualquier otro líquido, las válvulas son empujadas hácia un lado

contra las paredes del ventrículo, y así hay una gran abertura desde la aurícula al ventrículo. Pero al llenarse el ventrículo, la sangre ó el agua se introduce detras de las solapas, las levanta flotando y las empuja contra la aurícula. Cuanto más líquido haya en el ventrículo, más arriba flotarán, hasta que cuando el ventrículo está enteramente lleno, se juntan todas en la mitad de la comunicacion de la aurícula con el ventrículo y la cierran completamente. Pero ¿por qué no dan la vuelta entrándose en la aurícula, y abriendo de nuevo la abertura en el otro sentido? Por aquellos hilitos (que se llaman *cuerdas tendinosas*) que los sujetan á las paredes del ventrículo. Las solapas suben flotando hasta que dichos hilos quedan estirados enteramente, y estos hilos tienen la longitud precisa para permitir á las solapas que lleguen á la mitad de la abertura, y para no dejarlas pasar de allí. Cuanto más tirantes queden los hilos, más ajustan las solapas, y más completamente cierran la via del ventrículo á la aurícula.

La válvula tricúspide, pues, deja que la sangre afluya con facilidad desde la aurícula derecha al ventrículo derecho, pero impide que pase del ventrículo á la aurícula.

31. Mírese ahora la cavidad del ventrículo. Sus paredes son carnosas, es decir musculares, y se verá que son mucho más fuertes y gruesas que las de la aurícula. Además de la abertura de la aurícula, no hay sino otra más, que está en la parte alta del ventrículo, é inmediatamente al lado de la primera. Si se mete un mango de pluma ó el dedo por esta

segunda abertura, se verá que conduce á un gran vaso que ya se ha aprendido á conocer como la arteria pulmonar (Fig. 5, *P.A.*).

Hiéndase la arteria pulmonar desde el ventrículo, con unas tijeras, como se ha hecho en la Fig. 8, *P.A.* Se verá en seguida la línea que marca la conclusion de la carne roja y tierna del ventrículo muscular y el principio de la sustancia amarilla y más dura de que se compone la arteria. En esa misma línea se verá una fila de tres hermosísimas válvulas en forma de relojera (quizás se haya cortado una de las tres con las tijeras), formadas segun el mismo principio precisamente que las de las venas, con la diferencia de ser mayores y de estar más exquisitamente acabadas. Se llaman estas válvulas semilunares, porque cada bolsita tiene la forma de una media luna. Levantémoslas con cuidado y se verá cuán tiernas son, siendo al mismo tiempo fuertes. No es necesario decir para qué sirven. Desde luégo se comprende. *Sirven para dejar que la sangre afluya desde el ventrículo á la arteria pulmonar y para impedir que la sangre retroceda desde la arteria al ventrículo.*

En el lado derecho del corazon tenemos, pues, dos grandes válvulas: la válvula tricúspide entre la aurícula y el ventrículo, y la válvula semilunar entre el ventrículo y la arteria pulmonar. Estas válvulas permiten que la sangre corra fácilmente en un sentido, y la detienen en el otro. El que lo dude, puede probarlo del siguiente modo: ponga un tubo en la vena cava superior ó en la inferior de un corazon fresco, amarrando la otra vena cava,

y otro tubo en la arteria pulmonar. Si con un embudo se echa agua en el tubo de la vena, correrá por la aurícula y el ventrículo y saldrá por el tubo de la arteria pulmonar con la mayor facilidad posible ; pero si se echa agua en el tubo de la arteria pulmonar, se verá que no corre ; el tubo se llena en seguida y se atasca, y apenas salen algunas gotas desde el corazon á la vena.

Rájese ahora la arteria pulmonar hasta donde pueda alcanzarse, y obsérvese conforme se corta, cuán fuertes y duros son sus paredes. Se verá que á poca distancia se divide en dos brazos, uno que va al pulmon derecho y otro al izquierdo. Cada uno de ellos, cuando llega al pulmon, se divide en ramificaciones, y éstas vuelven á subdividirse, y así sucesivamente miéntras es posible seguir las. Se sabe por lo que ya se ha aprendido que estas ramificaciones acaban en capilares que cubren todos los pulmones.

32. No léjos de los dos brazos principales de la arteria pulmonar, se encontrarán, quizás cubiertos con grasa y otras materias, algunos tubos que desde luégo se reconocerá que son venas, y abriendo cualquiera de ellas se verá que es posible introducir una varilla y que conduce en una direccion á los pulmones, y en otra direccion al lado izquierdo del corazon. Éstas son las *venas pulmonares*, y si se hienden hasta arriba, se verá que comunican (por cuatro aberturas) con una cavidad que hay en el lado izquierdo del corazon, casi exactamente igual á la cavidad del lado derecho que hemos llamado aurícula derecha (Fig. 11). Esta cavidad no es

otra que la *aurícula izquierda*; en ella hay una abertura que da al ventrículo izquierdo, muy parecida á la abertura entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho. Tambien está cerrada por válvulas de solapas, exactamente como la válvula tricúspide, con la diferencia de que no hay más que dos solapas en vez de tres (Fig. 9, *m.v.* 1, *m.v.* 2). Por esto se la llama *bicúspide*, ó más comunmente válvula *mitral*. Sus solapas tienen hilitos que las sujetan á las paredes del ventrículo, y en verdad que, á no ser por no existir más que dos solapas en vez de tres, la válvula mitral es exactamente lo mismo que la válvula tricúspide, y funciona exactamente de la misma manera.

Si con unas tijeras se hace un corte desde la aurícula al ventrículo, se verá que el ventrículo izquierdo (Fig. 11) es parecidísimo al ventrículo derecho; sólo que sus paredes son muchísimo más espesas, tanto más espesas que el ventrículo izquierdo ocupa la mayor parte del corazon. Esto se verá si se mira la parte externa de un corazon fresco.

Las aurículas son tan pequeñas y están tan cubiertas de grasa que por la parte de fuera apenas son perceptibles. Lo que se ve principalmente son dos excrecencias de carne, una en cada aurícula (Fig. 5, *R. A. L. A.*), llamadas á menudo “apéndices auriculares.” La mayor parte con mucha desproporcion está ocupada por los ventrículos, y reparando se verá una faja de grasa sesgada á traves del corazon (Fig. 5, 3). Ésta marca la línea de la division carnosa, ó *tabique*, que así se llama, entre los dos ventrículos. Se verá que la punta ó

ápice del corazon pertenece completamente al ventrículo izquierdo.

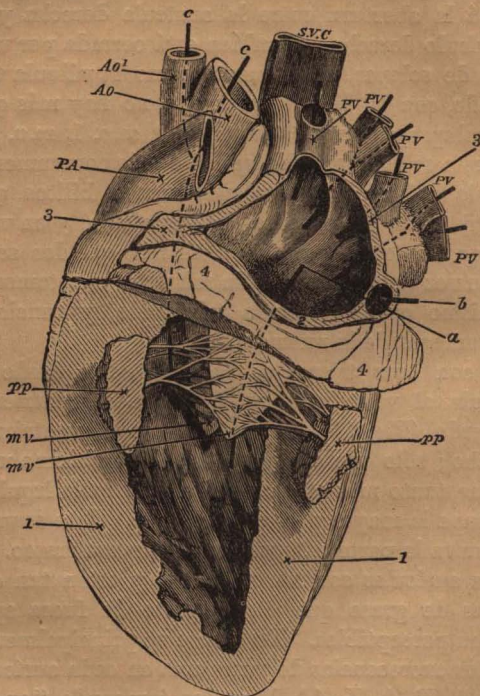


FIG. 11.—Lado izquierdo del corazon de un carnero (abierto).

P. V., venas pulmonares que comunican con la aurícula izquierda por cuatro aberturas, como se ve por los trocitos de ballena colocados en ellas; *a*, estilete pasado desde la aurícula al ventrículo por el orificio aurículo-ventricular; *b*, estilete pasado por la vena coronaria, la cual, aunque no tiene conexión con la aurícula izquierda, por su posición tiene necesariamente que estar cortada transversalmente al exponer abierta la aurícula.

M. V., las dos solapas de la válvula mitral (dibujadas un tanto diagramáticamente); *pp*, músculos papilares, que pertenecen lo mismo que antes á la parte del ventrículo que no está en la figura; *c*, estilete pasado del ventrículo

Volvamos al interior del ventrículo izquierdo. En su parte superior, cerca de la abertura que da á la aurícula, hay otra abertura y nada más que una. Si en ella se introduce el dedo, se verá que conduce á un tubo que al principio se mete por debajo ó por detras de la arteria pulmonar, y luégo sale otra vez por encima y al frente. Este tubo es lo que ya se conoce como la *aorta*. Si se hiende desde el ventrículo (y para hacerlo así es indispensable cortar la arteria pulmonar) se verá que en el lado izquierdo, lo mismo que en el derecho, la pared roja y carnosa del ventrículo se cambia rápidamente en la pared dura y amarilla de la arteria, y que justamente en esta línea hay tres válvulas semilunares exactamente iguales á las de la arteria pulmonar.

En el lado izquierdo del corazon tenemos, pues, dos válvulas tambien; la mitral entre la aurícula y el ventrículo, y las semilunares entre el ventrículo y la aorta. Éstas dejan que la sangre pase en una direccion y no en la otra. Puede fácilmente hacerse correr un líquido desde las venas pulmonares por la aurícula y el ventrículo á la aorta, pero no puede hacerse que corra en sentido inverso, ó sea desde la aorta.

Éstas son, pues, las razones de que la sangre no corra más que en un sentido, en la direccion que ya se dijo que llevaba. Hay juegos de válvulas que se abren en una direccion y se cierran en la otra.

á la aorta *Ao*; *Ao*¹, rama de la aorta (véase Fig. 5, *A'o'*); *P.A.*, arteria pulmonar; *S.V.C.*, vena cava superior.

1, pared del ventrículo cortada transversalmente; 2, pared de la aurícula quitada al rededor del orificio aurículo-ventricular; 3, otras partes de la pared auricular cortada transversalmente; 4, masa de grasa que envuelve la base del ventrículo (Fig. 5, 2).

Estas válvulas son la tricúspide entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho, las válvulas semilunares pulmonares entre el ventrículo derecho y la arteria pulmonar, la válvula mitral entre la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo, las válvulas semilunares aórticas entre el ventrículo izquierdo y la aorta, y las válvulas que están distribuidas y repartidas por las venas del cuerpo. De todas éstas, son las más importantes, con mucho, las válvulas del corazón; hacen el principal trabajo: las que hay en las venas hacen poco más que ayudar.

33. Ahora ya se habrá entendido perfectamente porque la sangre, si es que se mueve, solamente se mueve en una dirección; pero queda por contestar la pregunta, *¿Por qué se mueve la sangre?*

Es sabido que durante la vida se está siempre moviendo. Se ha visto que se movía en la membrana del pie de una rana, y siempre que pueda colocarse en el microscopio cualquier parte del cuerpo, puede verse la misma carrera de los corpúsculos rojos por estrechos canales. Se sabe que se mueve, porque cuando se corta un vaso sanguíneo la sangre se escapa. Si se corta una arteria de parte á parte, sale la sangre del extremo que está más cerca del corazón; si se corta de parte á parte una vena, casi toda la sangre sale del extremo más inmediato á los capilares. Si se quiere detener la sangre que da una arteria, hay que ligarla entre el corte y el corazón; si se quiere detener la sangre que da una vena, se liga entre el corte y los capilares. Ahora se comprende la razón de la diferencia entre cortar una arteria y cortar una vena; y se ve que esta sola

diferencia basta para probar que la sangre se mueve en las arterias desde el corazon á los capilares, y en las venas desde los capilares al corazon.

La sangre no sólo se está moviendo siempre, sino que se mueve muy á prisa. Se desliza por las grandes arterias quizás con una velocidad de diez pulgadas por segundo. Por los capilares se arrastra poco á poco, pero algunas veces anda todo el camino desde la vena á la misma vena en medio minuto.

Siempre se está moviendo con esta gran velocidad, y cuando cesa de moverse, muere el individuo.

¿Qué es lo que la hace moverse? Supóngase que se tuviera un músculo largo y delgado, amarrado por una de sus extremidades á algo firme, y con un peso colgando en la otra extremidad. Se sabe que cada vez que el músculo se contrajera tiraría del peso y lo levantaría; pero supóngase que en vez de colgar un peso del músculo, se envuelve el músculo á una vejiga llena de agua? Qué sucedería entonces cada vez que el músculo se contrajera? Evidentemente exprimirla la vejiga, y si en ésta habia algun agujero, saldria parte del agua afuera. Eso es justamente lo que sucede en el corazon. Ya se ha aprendido que el corazon es muscular. Cada cavidad del corazon, cada aurícula y cada ventrículo es, por decirlo así, una bolsa fina envuelta en algunos músculos. En un músculo ordinario del cuerpo, los manojos de fibras de que el músculo se compone están colocados regularmente unos al lado de los otros, con especial cuidado. Esto puede verse muy bien en un pedazo de

carne cocida, pues este pedazo no es otra cosa que una masa de grandes músculos, que corren en diferentes direcciones. Se sabe que si se trata de cortar una rebanada delgada en el pedazo de carne, en una parte va el cuchillo al hilo de la carne, es decir, se cortan sus fibras á lo largo, y en otra va á través de las mismas fibras. En ámbos sitios, correrán con mucha regularidad los manojos de fibras. Pero en el corazon los manojos están entrelazados entre sí de una manera tan maravillosa que es muy difícil encontrar el hilo. Están de tal manera dispuestos que las fibras musculares pueden oprimir todos los puntos del saco al mismo tiempo.

Cada cavidad del corazon, aurícula ó ventrículo, es una bolsa delgada con una red de músculos que la envuelve, y cada vez que los músculos se contraen exprimen la bolsa y arrojan de ella cuanto contiene. Hay más músculos en los ventrículos que en las aurículas, y más en el ventrículo izquierdo que en el derecho, porque ya hemos visto cuánto más gruesos son los ventrículos que las aurículas, y el ventrículo izquierdo que el derecho ; y ese espesor lo constituyen los músculos.

Y ahora viene el hecho maravilloso. Estos músculos de las aurículas y de los ventrículos están siempre funcionando, contrayéndose y aflojándose, acortándose y alargándose, por su propia espontaneidad, mientras hay vida en el corazon. El biceps del brazo sólo se contrae cuando uno quiere contraerlo. Estándose quieto, el brazo está quieto tambien, y el biceps lo está asimismo. Pero el corazon nunca está en reposo. Esté uno despierto

ó dormido, corriendo ó descansando, hágase ó déjese de hacer cualquier cosa, miéntras se vive sigue el corazon funcionando incesantemente. Cada segundo, mejor dicho, con más rapidez todavía, hay un estrujon fuerte y breve de las aurículas, de ámbas al mismo tiempo, y en el momento en que las aurículas han acabado su movimiento de apretar, hay un gran retortijon de los ventrículos, de los dos al mismo tiempo, pero mucho más fuerte del izquierdo que del derecho ; y despues, por un breve espacio de tiempo, hay tranquilidad perfecta. Pero ántes de trascurrir un segundo, han empezado otra vez las aurículas, y luégo otra vez los ventrículos, y de esta manera siguen contrayéndose y ensanchándose las paredes de las cavidades del corazon ; este latido del corazon, que así se llama, esta breve opresion de las dos aurículas, este tiron más prolongado y más firme de los dos ventrículos, han seguido sucediéndose en el cuerpo desde el nacimiento, y seguirán hasta el momento en que se reunan los amigos al lado del lecho para llorar la desaparicion de la vida.

34. *Pero ¿de qué manera este latido del corazon hace que la sangre se mueva?* Veámoslo.

Recuérdese que el cuerpo de la persona ya formada, contiene 12 libras de sangre embotelladas en los tapados vasos sanguíneos. Ya se ha visto que el corazon y estos vasos forman un sistema de tubos cerrados ; en algunas partes, en los capilares por ejemplo, son las paredes muy delgadas, pero compactas y enteras, y aunque hay un camino abierto desde los capilares por las venas, el corazon y las

arterias, hasta los capilares otra vez, no hay modo de salir de los tubos sino se hace una rotura en algun sitio de las paredes.

Este sistema cerrado que forman el corazon y los tubos está casi lleno con las 12 libras de sangre.

¿Qué tiene, pues, que suceder precisamente cada vez que el corazon se contrae?

Empecemos por el ventrículo derecho y supongámoslo lleno de sangre. Se contrae. La sangre que hay en él, exprimida por todas partes, trata de retroceder á la aurícula derecha, pero las solapas de la tricúspide han sido llevadas para atras é interceptan el camino. Cuanto mayor es la presion que sobre ellas hace la sangre, más derechas se ponen y más completamente excluyen toda posibilidad de pasar á la aurícula.

El camino á la arteria pulmonar está abierto, y la sangre se va allí; pero ya la arteria está llena de sangre, y lo mismo los capilares y las venas del pulmon; pero la arteria dará muchísimo de sí. Tómese un pedazo de arteria pulmonar y despues de amarrada una punta, échese agua por la otra, y se verá cuánto se estira. Adentro de la arteria pulmonar va, pues, la sangre, estirándola para tener bastante sitio. Como el ventrículo oprime y oprime hasta que sus paredes se encuentran en el medio, toda la sangre que contenia se marcha por la arteria; pero pronto cesa el latido del corazon, ha pasado la opresion y la sangre vuelve á derramarse en el ventrículo, ó volveria á derramarse á no ser porque las primeras pocas gotas que retroceden son presas por las válvulas semilunares en forma de bol-

sillos. Se levantan estas válvulas con un rápido movimiento (porque las cosas de que venimos hablando suceden en ménos de un segundo) y todo nuevo retroceso de la sangre queda imposibilitado. La sangre ha sido escurrida del ventrículo y está alojada sin riesgo en la arteria pulmonar.

Pero la arteria pulmonar está muy estirada. Ya estaba bastante llena ántes de recibir esta nueva cantidad de sangre: ahora está llena con exceso, al ménos en aquella parte que está más cerca del corazon. ¿Qué sucede luégo? ¿Qué sucede cuando se estira un pedazo de goma y de pronto se suelta? Que vuelve á su anterior tamaño. El ventrículo ha estirado el pedazo de arteria pulmonar que tiene cerca, más allá de su tamaño natural, y luégo, cuando aquel ha cesado de contraerse, lo ha soltado. Por consecuencia de esto, el pedazo de arteria pulmonar trata de volver á su anterior tamaño, y como no puede enviar otra vez la sangre al ventrículo, la va empujando hácia el pedazo de arteria que está más inmediato á los capilares, estirando á su vez este pedazo.

Éste la envía al otro inmediato y así sucesivamente hasta los capilares. La arteria pulmonar excesivamente llena, estirada para contener más sangre de la que realmente puede, se vacía por medio de los capilares en las venas pulmonares, hasta no contener más que aquella que le es posible contener con comodidad; pero las venas pulmonares tambien están llenas, ¿y qué hacen? Vaciar lo que les sobra en la aurícula izquierda. En ménos de medio segundo se les presenta la ocasion de poder hacerlo.

Porque al mismo tiempo que el ventrículo derecho empujó una cantidad de sangre á la arteria pulmonar y la dejó allí en toda seguridad, el ventrículo izquierdo empujó otra cantidad parecida en la aorta dejándola allí y quedándose tambien vacío ; pero justamente en este momento empezó la aurícula izquierda á contraerse y á escurrir la sangre que contenia.

¿ Qué podia hacer esa sangre ? No podia retroceder á las venas pulmonares, porque ya estaban llenas, y la sangre que las llenaba venia empujada por detras desde las arterias pulmonares, rellenas con exceso ; pero podia fácilmente pasar al ventrículo vacío, y en él entró, doblándose fácilmente para dejarle ancho paso las solapas de la válvula mitral. Y de esta manera la aurícula derramó su contenido en el ventrículo ; pero ahora cesa la aurícula de contraerse, ya sus paredes no exprimen, está vacía y necesita rellenarse, y llega el momento en que las venas pulmonares pueden derramar en ella la sangre que ha sido forzada adentro de ellas por la arteria pulmonar rellena con exceso.

De esta manera el ventrículo derecho empuja la sangre á la arteria pulmonar excesivamente llena, ésta se derrama rebosando en las venas pulmonares, las venas pulmonares llevan el exceso á la aurícula izquierda vacía, la aurícula izquierda la empuja adentro del ventrículo izquierdo vacío, el ventrículo izquierdo la mete en la aorta—(el estirarse la aorta y sus ramificaciones es lo que se llama el pulso)—la aorta excesivamente rellena se derrama, como ántes habia sucedido á la arteria pulmonar, por me-

dio de los capilares del cuerpo á las grandes venas cavas, por éstas cae la sangre á la aurícula derecha vacía, la aurícula derecha la empuja al ventrículo derecho vacío, y el ventrículo derecho lleno es el punto en donde empezamos.

Así, pues, las contracciones alternadas de aurículas y ventrículos, merced á las válvulas que hay en el corazon y en las venas, llevan la sangre, golpe á golpe, por todo el sistema de tubos; y así tambien en cada uno de los capilares de todo el cuerpo encontramos sangre que viene empujada de las excesivamente llenas arterias, la cual tiene siempre una abertura por donde salir, gracias á las aurículas, que cada segundo ó con intervalos aún menores, se vacían y quedan listas para tomar un nuevo envío de las venas. Así sucede que hasta el más pequeño fragmento del cuerpo está bañado por sangre, que un momento ántes estaba en el corazon, y algunos momentos ántes en alguna otra parte del cuerpo, de tal modo que no hay un solo punto en éste que se baste á sí mismo y se conserve aisladamente, sino que la sangre los hace comunes á todos al correr de sitio en sitio. El corpúsculo rojo que hace un minuto estaba en el cerebro, se encuentra quizás en el hígado, y un minuto despues podrá estar en un músculo del brazo ó en un hueso de la pierna; á todas partes tiene algo que llevar, y en todas algo que recoger. Un corazon que nunca descansa está siempre empujando á una sangre atareada, que por donde quiera va comprando y vendiendo, acaso haciendo un negocio accidental cuando se escapa por las grandes arterias y grandes venas, pero hacién-

dolos siempre cuando se va abriendo paso por los estrechos senderos de los capilares.

35. Cuando se mira á vista de pájaro una gran ciudad desde un punto elevado, Lóndres por ejemplo desde la torre de San Pablo, se ven las calles extendidas por debajo como una red, cuyas mallas ocupan las manzanas de casas. Pueden verse los hombres y los carretones dándose encontrones por las calles, pero queda escondido á la vista lo que esté pasando dentro de las casas. Se sabe que por mucha que sea la actividad que haya en las calles, el alboroto y el gentío que hay en ellas no son más que muestras de la verdadera actividad que dentro de las casas existe realmente.

Lo mismo sucede con cualquier parte del cuerpo, que se mire con un microscopio ; puede observarse la sangre roja que va rempujándose por la red de calles capilares ; pero cada malla, cuyos límites marcan líneas rojas, está llena de carne viva, es una manzana de casitas pequeñas, construidas con músculo, ó piel, ó sesos, segun el sitio en que estén colocadas. No puede *verse* mucho de lo que en ellas pasa, por fuerte que sea el microscopio ; y sin embargo es donde se hace el mayor trabajo. En la ciudad van por las calles hasta las fábricas las primeras materias, y acaso tambien el artículo fabricado salga otra vez á la calle, pero el bullicio del trabajo existe dentro de las paredes de la fábrica. En el cuerpo la sangre que hay dentro del capilar es una corriente de primeras materias de las cuales hay que hacer músculos, huesos y sesos, y de una sustancia que habiendo sido ya músculos,

huesos ó sesos, no sirve ya para nada, y va buscando el sitio en que ha de ser expulsada. La fabricacion real de músculos, huesos ó sesos se va llevando á cabo fuera de la sangre, en los pequeños espacios de tejido en que no entran los corpúsculos rojos.

Los capilares son tubos cerrados y mantienen á los corpúsculos rojos en su lugar ; pero sus paredes son tan delgadas y finas que permiten que el acuoso plasma de la sangre, el líquido incoloro en que los corpúsculos flotan, se cale y se introduzca en las partes que hay dentro de la malla. Todo el mundo sabe que hay muchas cosas que traspasan pieles y membranas en que no se encuentra un solo agujero despues de las más minuciosas pesquisas. Si se ponen judías secas en una vejiga y se amarra su boca, no se saldrán aquellas hasta que se quite la cuerda con que se ha amarrado ó se haga un agujero ; pero si se coloca dentro una solucion de azúcar ó de sal, y se coloca la vejiga con su boca amarrada dentro de una vasija de agua clara, se notará que muy pronto el agua empieza á tener un sabor á azúcar ó á sal, y eso sin poder descubrir agujero ninguno en la vejiga, ni áun el más pequeño. Poniendo varias sustancias en la vejiga, se verá que las partículas y sustancias sólidas que no se disuelven en el agua se conservan dentro de la vejiga, mientras que el azúcar y la sal y otras muchas cosas que se disuelven en el agua, atraviesan las paredes de la vejiga y pasan al agua que hay afuera, y continúan calándose hasta que el agua de la vasija tenga tanto sabor á azúcar ó á sal como la que hay en la vejiga. Esta propiedad que membranas

tales como la vejiga tienen de dejar calarse á ciertas sustancias, se llama *osmosis*. A primera vista se verá qué papel tan importante desempeña en el cuerpo. A la osmosis se debe principalmente que el desperdicio lanzado de aquellas mismas islitas vuelva á la sangre : en gran parte se debe á la osmosis que el alimento salga del estómago á la sangre ; á la osmosis sobre todo se debe que las materias gastadas é inútiles sean extraídas de la sangre, y después arrojadas fuera del cuerpo. Merced á la osmosis la carne es alimentada y purificada por la sangre. Gracias también á la osmosis recibe su nutrimento la sangre y se conserva pura.

Hay dos cosas principales para la nutrición de la sangre, y por medio de ésta, del cuerpo, que son : el alimento y el aire. Siempre tenemos el aire, sin necesidad de comprarlo ni de trabajar para conseguirlo ; por esto lo tomamos conforme lo necesitamos, un poco cada vez, y muchas veces. No lo almacenamos ni hacemos provisiones ; no podemos sufrir su falta más de unos pocos momentos.

Para el alimento tenemos que trabajar ; lo almacenamos en el cuerpo de vez en cuando, con intervalos de algunas horas, en lo que llamamos las comidas, y podemos seguir horas y aún días sin volver á hacer repuesto.

CÓMO SE CAMBIA LA SANGRE POR EL AIRE: RESPIRACION—VI.

36. Ya he dicho, y más de una vez quizás, que nuestros músculos se queman, se queman por un

procedimiento húmedo sin dar luz ; y cuando digo los músculos, podría decir el cuerpo entero, aunque algunas partes arden más á prisa que otras.

Se ha aprendido ya en las *Nociones de Química* (art. 2) lo que sucede cuando se coloca una bujía en un frasco cerrado que contenga aire puro. Se disminuye el oxígeno, al que reemplaza el ácido carbónico, y al cabo de algun tiempo se apaga la bujía por falta de oxígeno que siga verificando la oxidacion, que es la esencia de la combustion. Se sabe tambien que sucederia exactamente lo mismo al que colocara (y no necesita hacer la prueba) un pájaro ó un raton en vez de la bujía en el frasco cerrado. Se acabaria el oxígeno, se presentaria el ácido carbónico y la llamita de la vida del raton vacilaria hasta extinguirse, y trascurrido un rato su cuerpo estaria frio.

Pero supóngase que se pone un pez ó un caracol en un tarro con agua dulce pura, cerrado despues herméticamente con un corcho. A primera vista parece que no hay aire dentro ; pero lo hay, sin embargo. Si se tomara aquel agua dulce, y se pusiera en una máquina neumática, se sacarían de ella burbujas de aire ; y examinadas estas, se veria que contenian oxígeno y ázoe con poquísimos ácido carbónico. *El agua contiene aire disuelto.* Cuando ya el pez ó el caracol hayan estado algun tiempo en el tarro, se verá que la llama de su vida vacila y se apaga, del mismo modo que la del pájaro en el aire ; y si entónces se aplica al agua la bomba de aire, se verá que el oxígeno casi ha desaparecido y que ha ocupado su puesto el ácido carbónico.

Se ve, pues, que puede respirarse el aire, que así lo llamamos, aún cuando esté disuelto en agua.

Volveremos ahora á nuestro músculo. Cuando ántes observábamos la circulacion en el pié de la rana, podíamos distinguir la arteria de la vena, porque en la primera corria la sangre *hácia* los capilares y en la vena *desde* éstos. Ambas eran rojizas y casi del mismo tinte de color; pero si fuese posible mirarse uno mismo la arteria grande que va al músculo biceps, y la vena grande que sale del mismo, se quedaria uno asombrado de la diferencia notable de color que hay entre ellas. La arteria presentaria un color subido de grana, y la vena un color morado oscuro; y si se punzaran ámbas, saldría de la arteria un chorro de sangre roja como la grana, y burbujas de la vena en una corriente de un color púrpura oscuro. En cualquier parte que se encuentre una arteria y una vena (con una gran excepcion de que tendré que hablar inmediatamente), la sangre de la arteria tendrá un color vivo de grana y la de la vena un color morado oscuro. Por esta razon llamamos *sangre arterial* á la de color grana subido que se encuentra en las arterias, y *sangre venosa* á la de color morado oscuro que se encuentra en las venas.

¿Qué diferencia hay entre las dos? Si con una bomba se trabajara en alguna sangre arterial, como se hizo en el agua en que estaba el pez, se podria extraer de ella algun aire, ó más propiamente, algun gas; mucho más gas ciertamente del que se extrajo del agua. Una pinta de sangre daria media pinta de gas. Examinándolo se veria que no

era aire, esto es, que no estaba compuesto de una gran cantidad de ázoe y el resto oxígeno (*Nociones de Química*, art. 9). Allí se descubriría muy poco ázoe, pero una gran cantidad de oxígeno, y todavía más ácido carbónico.

Si lo mismo se hiciera en alguna sangre venosa, se extraería una cantidad próximamente igual de gas, pero de composición muy diferente. El ázoe seguiría lo mismo sobre poco más ó ménos, pero una mitad del oxígeno habría desaparecido, mientras que el ácido carbónico estaría muy aumentado.

Ésta es, pues, una gran diferencia (porque hay otras) entre la sangre venosa y la arterial; *conteniendo ámbas oxígeno, ázoe y ácido carbónico, en disolución, la sangre venosa contiene ménos oxígeno y más ácido carbónico que la sangre arterial.*

37. *Al pasar por los capilares con dirección á las venas, la sangre de la arteria ha perdido oxígeno y ganado ácido carbónico.* ¿A dónde se ha ido el oxígeno? ¿De dónde procede el ácido carbónico? A los islotes y de los islotes de carne que hay entre los capilares, á la fibra muscular sin sangre ó al pedacito de nervio ó piel, que envuelven en todos sentidos los capilares que contienen sangre. El oxígeno ha pasado de la sangre de los capilares á la carne de fuera; desde la carne de fuera ha pasado el ácido carbónico á la sangre que hay dentro de los capilares. Y esto mismo sucede en todo el cuerpo. En todas partes la carne está respirando sangre, ésta respirando el gas disuelto en la sangre, no de otro modo que un pez respira agua, es decir, respira el aire disuelto en el agua.

Está dicho que en todas partes del cuerpo sucede esto, con una sola excepcion grande. Hay una gran arteria, con sus ramificaciones, en la cual la sangre no tiene un color encendido, grana, arterial, sino oscuro, morado, venoso. Hay ciertas grandes venas en las cuales no es la sangre oscura, morada, venosa, sino de color vivo, grana, arterial. Ya se sabe cuáles son. La arteria pulmonar y las venas pulmonares. La sangre de las venas pulmonares contiene más oxígeno y ménos ácido carbónico que la sangre de la arteria pulmonar. *Ha perdido ácido carbónico y ganado oxígeno al pasar por los capilares de los pulmones.*

38. ¿Qué son los pulmones? Como se vió en el conejo, ó como puede verse en el carnero, están arrugados y marchitos, y ahora explicaremos el por qué. Soplando en ellos por la tráquea, que se divide en dos, una para cada pulmon, se puede hincharlos y ponerlos mucho más grandes. En realidad, son vejigas que pueden llenarse de aire, pero que, abandonadas á sí mismas, se vacían otra vez en seguida.

Son vejigas de una construccion muy especial. Imagínese un arbusto ó arbolillo muy doblado de hojas, y que son huecos su tronco y ramas, grandes y pequeñas, hasta el más insignificante tallo; imagínese además que las hojas tambien son como veji-guillas huecas, unidas á los pequeñísimos y huecos tallos, y construidas de alguna sustancia fina, pero resistente y al mismo tiempo excesivamente elástica. Soplando por el tronco se podrian estirar é hinchar todas las huecas hojas; al dejar de soplar caerian todas y otra vez se arrugarian.

Al rededor de una obra como ésta, de ramas huecas, que se llaman *tubos bronquiales*, y de vejigas huecas y elásticas, llamadas *células de aire*, está envuelta la intrincada red de arterias, venas y capilares pulmonares, de tal manera que cada célula de aire, cada vejiguilla, está cubierta por una finísima y muy apretada malla de capilares, de un modo muy semejante á como la pelota de goma que usan los niños está cubierta por una redecilla de estambre. Delgadísimas son las paredes de la célula de de aire, tanto que la sangre del capilar está separada del aire de la célula por la hoja más delgada que es posible sacar de la membrana más fina. Al precipitarse la sangre de color púrpura oscuro por esa red tan menuda, se escapa su ácido carbónico á traves de tan sutil membrana, desde la sangre al aire, y el oxígeno del aire cala las paredes y se va á la sangre.

Así es como la sangre venosa, de color púrpura oscuro, que pasa por la arteria pulmonar, al deslizarse en los capilares pulmonares que envuelven las infladas células de aire, queda cambiada en la sangre de color grana subido, que hay en las venas pulmonares, por la pérdida de ácido carbónico y por haber adquirido oxígeno.

Éste es, por consiguiente, el misterio de que este-mos necesitando aire constantemente. *La carne del cuerpo de cualquier clase, en todas partes del cuerpo, respira sangre convirtiendo sangre arterial pura en venosa é impura, en todo el cuerpo excepto en los pulmones, donde la sangre á su vez respira aire, y se convierte de impura y venosa que era en pura y arterial.*

39. Por los capilares de los músculos está siempre fluyendo una corriente de sangre, mientras dura la vida y el corazón tiene la facultad de latir; cada instante llega un nuevo surtido de sangre pura, arterial, de color subido, á reemplazar á la impura, venosa, de color oscuro. Sin esta constante renovación de la sangre, se asfixiaría el músculo, y su llama vital vacilaría y moriría.

En los pulmones, pronto perdería su oxígeno y se cargaría de ácido carbónico el aire que llena las células de aire si se le abandonase á sí mismo; y la sangre de los capilares de los pulmones no se cambiaría ya de venosa en arterial, sino que seguiría corriendo por la vena pulmonar tan oscura y tan impura como estaba en la arteria pulmonar. *De la misma manera que la sangre de los músculos tiene que estar constantemente renovándose, así también el aire tiene que cambiarse continuamente en los pulmones.*

¿Cómo se verifica esta renovación del aire de los pulmones?

En el conejo muerto se vió que los pulmones estaban arrugados, marchitos, vacíos de la mayor parte de su aire, y recostados casi escondidos en la parte posterior del pecho (Fig. 1, G. G.). Parecía que la cavidad del pecho era un gran espacio vacío, cuya mitad apenas ocupaban el corazón y los pulmones; pero éste es un estado nada natural de los pulmones. Tómese otro conejo, y ántes de tocarle el pecho, ábrase el abdomen, y sáquese cuanto en él hay contenido, estómago, hígado, intestinos, etc. Se tendrá entónces una vista completa del *diafrag-*

ma, que como ya se sabe forma un tabique de separacion completo entre el pecho y la barriga. Se observará que forma un arco hácia el pecho, de modo que la superficie inferior, que es la que se está mirando, está enteramente ahuecada. Si se agarra el conejo por sus patas traseras, y se sostiene en esta posicion con la cabeza hácia abajo, y en el abdómen se echa un poco de agua, se reunirá un verdadero charco en la somera taza que forma el diafragma.

En el conejo el diafragma es muy trasparente ; puede verse á traves de él en el interior del pecho, y no será difícil reconocer los rojizos pulmones que relucen al otro lado del diafragma. *Se verá que cubren casi todo el diafragma—que rellenan de hecho la cavidad entera del pecho que no está ocupada por el corazon.*

Si se agarra con cuidado el diafragma por el medio con unas pinzas, y se tira de él hácia el abdómen, se verá que no puede formarse un espacio entre el diafragma y los pulmones, sino que éstos siguen á aquel, y están tan unidos cuando se tira de él hácia abajo como cuando se le deja subir ó aun se le empuja.

En otras palabras, cuando el diafragma está arqueado hácia arriba como se encuentra cuando se abre el abdómen, los pulmones rellenan el pecho ; y cuando el diafragma es traído hácia abajo, con lo cual se hace mayor el pecho, los pulmones se inflan hasta seguir rellinando el pecho.

40. ¿Cómo se inflan? Atrayendo aire por la tráquea. Si se escucha, quizás se oiga al aire precipitarse dentro conforme se tira hácia abajo del

diafragma—y si se amarra la tráquea, ó se cierran enteramente las narices y la boca, se verá que es mucho más difícil tirar hácia abajo del diafragma, porque no puede entrar nuevo aire en los pulmones.

Ábrase ahora un agujero en el diafragma, que comunique con la cavidad del pecho, sin herir los pulmones. Se oirá una repentina salida de aire, y los pulmones se arrugarán hasta perderse casi de vista. Ya no estarán unidos contra el diafragma como estaban ántes ; y si se abre el pecho se verá que se han encogido contra la parte posterior del tórax, en la posicion que ya se habian visto en el primer conejo. El ruido producido por el aire, es por una parte por el que sale de los pulmones, y por otra, por el que entra en la cavidad del pecho á rellenar el espacio entre las paredes del pecho y el exterior de los pulmones.

Pero ántes de abrir el pecho, tírese del diafragma hácia arriba y hácia abajo como se hizo ántes de agujerear el diafragma y se verá que ningun efecto se produce en los pulmones, que se quedan perfectamente quietos y no se inflan ni poco ni mucho. Haciendo que el diafragma se mueva de arriba á abajo, lo único que se produce es llevar aire por el agujero que se habia hecho, *adentro y afuera de la cavidad del pecho, no adentro y afuera de los pulmones* como ántes.

Vemos, pues, que *el pecho es una cámara en que no hay aire*, y que los pulmones, cuando las paredes del pecho están sanas, *están siempre extendidos*, y están extendidos aún cuando el diafragma se arquee hácia arriba todo cuanto es posible.

¿Porqué sucede que los pulmones están siempre extendidos de esta manera? Porque el pecho está cerrado para el aire, de modo que no puede entrar ninguno entre el exterior de los pulmones y el interior de la pared del pecho. Se ha aprendido en la Cartilla de Física (par. 29, pág. 34) que la atmósfera está siempre haciendo presion sobre todas las cosas. Está haciéndola sobre todas las partes del conejo: la hace en el interior de la tráquea y en el interior de los pulmones. La hace en el exterior del abdómen y, por lo tanto, en la superficie inferior del diafragma al cual empuja dentro del pecho hasta donde puede estirarse; pero no será mucho porque sus bordes están firmemente unidos á las paredes del pecho. El aire oprime tambien el exterior del pecho, pero no puede estrecharlo mucho, porque son resistentes sus paredes.

Si las paredes del pecho fueran blandas y flojas, la atmósfera las empujaria y con ellas oprimiria la parte exterior de los pulmones: por ser duras no puede suceder esto. Las paredes del pecho aguantan la presion de la atmósfera é impiden que llegue á lo exterior de los pulmones.

Así es que los pulmones son comprimidos por la atmósfera por su parte interior, pero no por las exteriores: y esta presion interior es la que los sostiene dilatados ó extendidos. Cuando se sopla dentro de una vejiga, se la dilata y extiende porque la presion del soplo en lo interior de la vejiga es mayor que la presion de la atmósfera por la parte de fuera. Si en vez de hacer la presion de dentro *mayor* que la de fuera, se hiciera la presion

de fuera *menor* que la de dentro, como se conseguiria poniendo la vejiga en la campana de una máquina neumática, se produciria exactamente el mismo efecto; se dilataria la vejiga. Esto es precisamente lo que hacen las paredes del pecho; mantienen la presion sobre lo exterior de los pulmones menor que la de lo interior, y por esta razon los pulmones, en tanto que estén sanas las paredes del pecho, están siempre dilatados y ocupándolo todo.

Cuando se hace un agujero en el pecho, que permite la entrada de aire entre los pulmones y las paredes del pecho, la presion de la atmósfera llega á lo exterior de los pulmones; hay pues la misma presion atmosférica dentro que fuera; nada hay que contribuya á tenerlos dilatados, y se encogen por esto á su tamaño natural, lo mismo que hacia la vejiga cuando se dejaba de soplar dentro de ella, ó cuando se la sacaba de la cámara de la máquina.

Cuando ántes de hacer el agujero en el diafragma se tiraba de éste hácia abajo, *se disminuía aún más la presion en lo exterior de los pulmones*; por esta razon la presion de dentro de los pulmones los hacia inflarse y seguir al diafragma. Pero esto todavía dilata más los pulmones, de modo que al soltar otra vez el diafragma volvieron los pulmones de nuevo á su anterior tamaño, vaciándose de parte del aire y llevándose consigo al diafragma. Cuando hay un agujero en la pared del pecho, no produce ningun efecto el que se tire hácia abajo del diafragma, porque no varía la presion en lo exterior de los pulmones. Están siempre, en dicho caso,

oprimidos por la misma presion atmosférica, dentro y fuera, y así es que permanecen perfectamente quietos.

Cuando en el pecho que no tiene aire se tira hácia abajo del diafragma, la presion de la atmósfera introduce aire en los pulmones por la tráquea y los infla. Cuando se suelta despues el diafragma, los pulmones dilatados vuelven á su anterior tamaño, vaciándose de la cantidad extraordinaria de aire que habian recibido.

Supóngase ahora que se llevase hácia abajo el diafragma y que se soltase regularmente con intervalos de algunos segundos : ¿qué sucederia? Que cada vez que el diafragma bajara entraria una cantidad de aire nuevo en los pulmones, y cada vez que subiera volveria á salir de los pulmones esa misma cantidad de aire.

Esto es lo que se verifica en el aliento y respiracion. En unos pocos segundos, unas diez y siete veces por minuto, baja el diafragma, y se precipita una cantidad de aire dentro de los pulmones por la tráquea. Esto se llama *inspiracion*. Tan pronto como se ha verificado esto, cesa el diafragma de bajar, los dilatados pulmones vuelven á su tamaño anterior, llevándose para arriba el diafragma, y escurriendo la cantidad de aire que tenian de sobra. Esto se llama *expiracion*.

Al descender el diagrama hace presion sobre el abdómen ; cuando deja de bajar, lo que el estómago contiene le ayuda á que suba. Si uno coloca la mano sobre su estómago, puede sentir el abdómen que se levanta cada vez que el diagrama baja para

la inspiracion y que se hunde otra vez cuando el diafragma vuelve á su sitio á la expiracion.

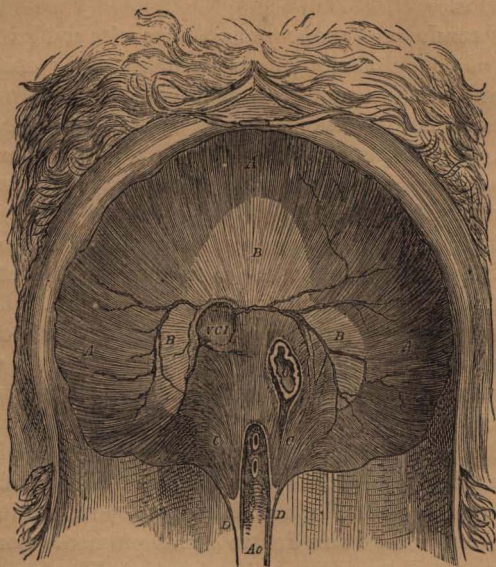


FIG. 12.—El diafragma de un perro visto desde la parte inferior o abdominal.

V.C.I, vena cava inferior; O, esófago; Ao, aorta; se distingue fácilmente el ancho centro blanco y tendinoso (B) de las fibras musculares radiantes (A) que bajan á las costillas y entran en los pilares (C D) en frente de las vértebras.

41. Pero ¿cuál es la causa de que el diafragma baje?

Si se mira el diafragma del conejo (ó de otro cualquier animal) con algun cuidado, se verá que en realidad es un músculo delgado y plano, cuya composicion es algun tanto curiosa; porque hay

rojas fibras musculares y carnosas por el exterior en todos los bordes (Fig. 12, *A* y *C*), mientras que el centro *B* se compone de un tendón transparente y blanquizco. Estas fibras musculares, como todas las demás fibras musculares, tienen la propiedad de contraerse. ¿Qué ha de suceder por fuerza cuando se contraen y se acortan?

Cuando estas fibras musculares están en reposo, como en el conejo muerto, todo el diafragma se arquea hacia arriba, como ya hemos visto, en dirección al tórax, algo parecido á lo representado en la Fig. 13, *B*. Por una parte, es empujado por todo lo que el abdomen contiene (pues se recordará que la cavidad del abdomen está completamente llena con el hígado, estómago, intestinos y otros órganos), por otra, tiran de él hacia arriba los pulmones, que como ya se sabe, se dilatan todo lo que pueden siempre. Cuando se contraen las fibras musculares, tiran del tendón central (del mismo modo que el biceps tira de su tendón inferior) y tiran del diafragma hasta ponerlo enteramente plano; y algunas de las fibras de *C*, Fig. 12, también tiran de él hacia abajo. El diafragma durante su contracción se aplana y baja, de un modo algo semejante á como se ve en la Fig. 13, *A*.

La bajada del diafragma en la inspiración es producida por una contracción de sus fibras musculares. En la espiración el diafragma está quieto; sus fibras musculares se aflojan; y sube porque es atraído en parte por los pulmones y empujado en parte por lo que contiene el abdomen.

42. Hay otras estructuras además del diafragma

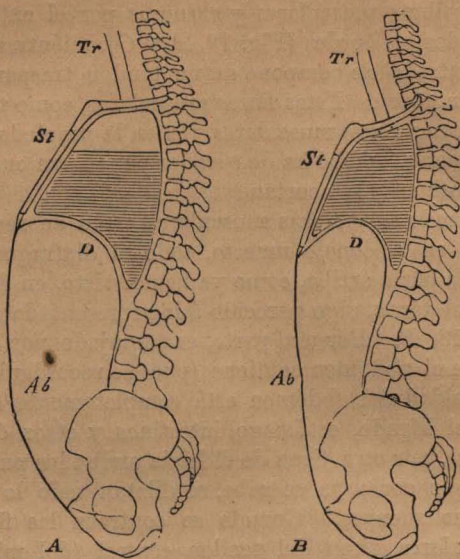


FIG. 13.—Secciones diagramáticas del cuerpo en

A, inspiracion; *B*, expiracion. *Tr*, tráquea; *St*, esternon; *D*, diafragma; *Ab*, paredes abdominales. La parte sombreada indica groseramente el aire estacionario. La parte no sombreada que hay en la parte superior de *A* es el aire que entra y sale.

que ayudan á introducir y extraer el aire de los pulmones. Por la accion del diafragma el pecho es alternativamente alargado y acortado, pero si se observa á cualquiera, y sobre todo á una mujer, cuando respira, se verá que á cada respiracion sube y baja el pecho; la parte del frente del pecho, el esternon, como ya se ha aprendido á llamarlo, se adelanta y se retira; y fijando un poco la atencion se llegará al convencimiento de que se adelanta en

la inspiracion, esto es, cuando baja el diafragma, y se retira durante la expiracion. Pero este movimiento de adelantarse el esternon significa que el pecho se ensancha de detras adelante, y la retirada del esternon, que vuelve á estrecharse otro tanto. De modo que miéntras que el pecho se está alargando por el descenso del diafragma, tambien se está ensanchando por lo que el esternon se adelanta. En la inspiracion se extienden los pulmones, no sólo hácia abajo por el movimiento del diafragma, sino tambien hácia afuera por el movimiento de las paredes del pecho.

¿Qué es lo que empuja al esternon hácia adelante? Si se observase muy detenidamente los lados del pecho de una persona muy delgada, se podria notar que en cada inspiracion los costados son un poco empujados hácia arriba. Ahora bien, cada costilla tiene conexion con el espinazo por una coyuntura y está firmemente unida al esternon por el frente con un cartílago (véase el Frontispicio). Si se amarrase un pedazo de cuerda á la mitad de una de las costillas y se tirara de ella, se veria que se está trabajando con una palanca, con el punto de apoyo en el espinazo, el peso obrando en el esternon, y la potencia en el punto donde se amarró la cuerda. Cada vez que se tira de la cuerda la costilla se moverá en su punto de apoyo del espinazo, de tal manera que el extremo del frente de la costilla se levantará, y el esternon se saldrá un poco afuera. Cuando se deje de tirar, el esternon que al ser adelantado ha dado de sí todo lo posible, se hundirá de nuevo, y la costilla volverá á caer á su posicion anterior.

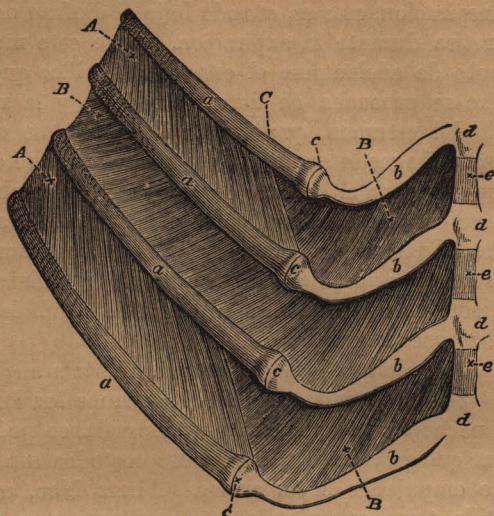


FIG. 14.— *Vista de cuatro costillas del perro con los músculos intercostales.*

a, la costilla de hueso; *b*, el cartilago; *c*, la union de hueso y cartilago; *d*, partes no osificadas, y *e*, partes osificadas del esternon. *A*, músculo intercostal externo. *B*, músculo intercostal interno. En el medio del espacio intermedio, se ha quitado el intercostal externo para dejar ver el intercostal interno que hay debajo.

Entre las costillas hay ciertos músculos que se llaman *músculos intercostales* (Fig. 14). Para lo que sirven exactamente, podrá aprenderse más adelante; por ahora basta decir que obran como el pedazo de cuerda de que venimos hablando. Cuando se contraen, tiran hacia arriba de las costillas y empujan hacia fuera el esternon; cuando dejan de contraerse, las costillas y el esternon vuelven á caer á su posicion anterior.

Hay otros muchos músculos que ayudan á respi-

rar, especialmente para la respiracion profunda ; pero será suficiente ahora recordar que en la respiracion ordinaria hay dos movimientos principales que se verifican exactamente al mismo tiempo, por medio de los cuales se introduce aire en el pecho, y que ámbos movimientos son efecto de la contraccion de músculos. Primeramente, el diafragma se contrae y aplana, ahondando ó alargando el pecho ; despues, al mismo tiempo se elevan las costillas y se adelanta el esternon por la contraccion de los músculos intercostales que ensanchan el pecho ; pero al ensancharse y alargarse el pecho, los pulmones hacen otro tanto. Para rellenar el sitio que se aumenta en los pulmones, entra en ellos el aire por la tráquea. Esto es la *inspiracion*. Pero pronto el diafragma y los músculos intercostales cesan de contraerse ; el diafragma vuelve á su posicion arqueada, las costillas se hunden, el esternon se retira, y el aire que habia de más sale otra vez de los pulmones por la tráquea. Esto es *expiracion*. Una inspiracion y una expiracion completan una respiracion entera ; y de esta manera respiramos unas diez y siete veces en cada minuto de la vida.

43. Pero ¿cuál es la causa de que el diafragma y los músculos intercostales se contraigan y descansen de una manera tan hermosamente regular ? El biceps del brazo se mueve, como ya vimos, segun es nuestra voluntad ; y ésta no es la que nos hace respirar. Respiramos las más veces sin darnos cuenta ; respiramos durmiendo cuando nuestra voluntad está muerta ; respiramos porque no podemos

ménos de hacerlo, queriéndolo ó no. Podemos apresurar nuestra respiracion, podemos tomar un aliento largo ó corto si así nos place, podemos cambiar nuestra respiracion por la fuerza de nuestra voluntad; pero la respiracion sigue sin que intervenga nuestra voluntad, y áun en contra de ella. Es un *acto involuntario*.

Aunque el respirar no es un esfuerzo de la voluntad, es un esfuerzo del cerebro; un esfuerzo, además, de una parte especial del cerebro, que es aquella en donde se une con la médula espinal. Salen nervios del diafragma y de los músculos intercostales y de otros, y por la médula espinal llegan á esta parte del cerebro. Diez y siete veces por minuto baja del cerebro por esos nervios un mensaje ordenando á los músculos que se contraigan; éstos obedecen, y se respira. Por qué y cómo viene ese mensaje, ya se aprenderá más adelante. Cuando le cortan á uno la cabeza, ó cuando la parte aquella del cerebro donde se une con la médula espinal se daña por un accidente ó se hace impotente por alguna enfermedad, cesa el envío del mensaje, y se deja de respirar.

44. En cada respiracion, por consiguiente, entra en el pecho y sale del mismo una cantidad de aire; pero pequeña. *No hay que creer que los pulmones se vacían enteramente en cada respiracion.* Por el contrario solamente se toma de cada vez una bocanada de aire, que llega hasta las grandes ramificaciones de la tráquea, y no pasa á las células de aire ni con mucho. Éste se llama algunas veces *aire de flujo y reflujo*; y el resto de aire que hay en los

pulmones, que no se mueve, se llama á menudo el *aire estacionario* (véase Fig. 13).

¿De qué manera sale, pues, el ácido carbónico del fondo de los pulmones? ¿De qué manera se hacen con oxígeno fresco los capilares de las células de aire?

El aire estacionario se mezcla con el del flujo en cada respiracion. Si se quiere ventilar un cuarto, no hay necesidad de tomar un fuelle para hacer salir hasta la última partícula de aire impuro, y reemplazar éste con aire nuevo; bastará abrir una ventana ó una puerta y establecer una corriente de aire puro en un rincon cualquiera del cuarto. Esa corriente de aire puro se mezcla con el resto del aire hasta que todo el que hay en el cuarto es puro: y esta mezcla se hace muy rápidamente. Lo mismo pasa en los pulmones. El aire del flujo llega en cada inspiracion tan puro como aire que viene de fuera; pero ántes de salir en la expiracion inmediata deja parte de su oxígeno al aire estacionario, y le quita parte de su ácido carbónico. A cada inspiracion de aire de fuera se mejora el aire estacionario en lo que pierde de ácido carbónico y gana de nuevo exígeno. El aire de flujo y reflujo purifica rápidamente al aire estacionario, y éste á la sangre.

Así es cómo viene á suceder que el aire de flujo y reflujo, que, á cada tiron del diafragma y empujon del esternon entra en el pecho, siendo un aire puro que contiene veinte y una partes de oxígeno por setenta y nueve de ázoe, sale cuando sube el diafragma y el esternon se retira, siendo un aire impuro que sólo tiene diez y seis partes de oxígeno,

cinco de ácido carbónico y setenta y cinco de ázoe. Ese oxígeno perdido es llevado por el aire estacionario á la sangre de los capilares, y el ácido carbónico que recogió fué traído al aire estacionario por la sangre de los capilares. De esta manera cada respiracion contribuye á purificar la sangre, y la introduccion y extraccion de aire en el pecho cambia la sangre impura, nociva y venosa en sangre pura, refrescante y arterial : la sangre respira aire en los pulmones para que todo el cuerpo á su vez pueda respirar sangre.

CÓMO EL ALIMENTO CAMBIA LA SANGRE; DIGESTION —VII.

45. No solamente es la sangre purificada por el aire, sino que tambien la renueva y bonifica el alimento. El alimento que comemos se convierte en sangre; pero nuestro alimento, aunque muchas veces húmedo ó jugoso, es en su mayor parte sólido. Lo cortamos en pedacitos en el plato, y con los dientes lo trituramos y desgajamos en la boca hasta convertirlo en pedazos todavía más pequeños. Y todavía, por bien que se haya mascado, mucha parte de él, casi todo á la verdad, es sólido cuando se traga. Para convertirse en sangre, tiene primero que disolverse indispensablemente. Se disuelve en el canal digestivo, y á esta disolucion se llama *digestion*. Veamos cómo se verifica la *digestion*.

La piel, aunque húmeda algunas veces con la traspiracion, está casi siempre enteramente seca. El interior de la boca está siempre mojado, y con

mucha frecuencia completamente lleno de agua ; y aún en el momento en que se queja uno de tener seca la boca, está muy húmeda. ¿ Por qué sucede esto ? El interior de la boca es tambien mucho más encarnado que la piel. El color rojo y la humedad son compañeros.

Al hablar de los capilares, dije que casi todas las partes del cuerpo estaban completamente cruzados por ellos, pero *no todas ellas*. Hay una parte de la piel, por ejemplo, que no tiene capilares ni vasos sanguíneos de ningun género. Sabido es que cuando la piel es gruesa, pueden cortarse lonjas sin hacerse sangre ; y con un cuchillo muy bien afilado y mucha habilidad en el que lo maneje, podrian cortarse láminas de piel en todo el cuerpo, como se hace en las callosidades. Poniendo una lámina de la piel así cortada en el campo del microscopio, se verá que se compone de escamitas ; y si se tomara una raja muy delgada y vertical que atravesara todo el espesor de la piel, para examinarlo con un microscopio de mucha potencia, se veria que la piel estaba compuesta de dos partes ó capas en un todo diferentes, como se ve en la Fig. 15. La capa superior *a, b*, no es otra cosa que una masa de cuerpecillos empaquetados fuertemente los unos contra los otros. Por encima están prensados planamente formando escamas, pero más abajo son redondos ú ovalados, y al mismo tiempo blandos. Se llaman *células*. Conforme se vaya adelantando en el estudio de la Fisiología, se irá oyendo hablar cada vez más de células. Esta capa de células, suaves y redondas, ó aplastadas y endurecidas que forman es-

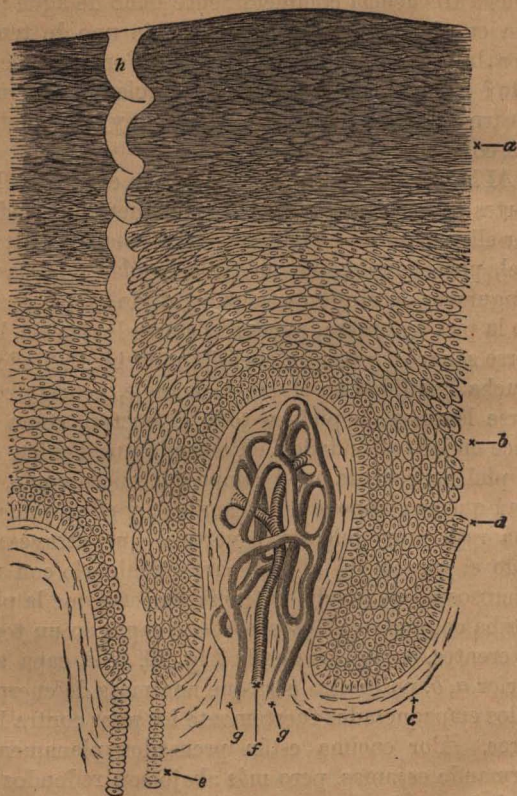


FIG. 15.—Sección de la piel, muy aumentada.

a, epidermis córnea; *b*, capa mas suave; *c*, dérmis; *d*, capa vertical inferior de células epidérmicas; *e*, células que envuelven el conducto del sudor y que se unen con las epidérmicas; *h*, canal, en forma de tirabuzón, del conducto del sudor. A la derecha de este conducto está la dérmis levantada en una papila, en la cual la pequeña arteria, *f*, se divide en capilares, que forman por ultimo la vena *g*.

camas, se llama la *epidérmis*. No se encuentra ningun vaso sanguíneo en la *epidérmis*, y por esta razon no da sangre cuando se corta. Durante la vida está creciendo siempre. Las escamas superiores se van cayendo. Siempre que uno se lava las manos, sobre todo con jabon, se quitan algunas de las escamas de encima; y pronto se quitaria una toda la piel, á no ser porque siempre se están formando nuevas células redondas en la base de la *epidérmis*, en toda la línea *d* (Fig. 15) que están moviéndose para arriba, donde se secan y se convierten en escamas. De esta manera, la piel, ó hablando con más propiedad, la *epidérmis* se está renovando siempre. Algunas veces, como despues de la escarlatina, crece la nueva piel prontamente, y la vieja se cae en grandes laminillas ó parches.

La capa inferior, que está debajo de la *epidérmis*, es lo que se llama *dérmis* ó verdadera piel. Ésta está llena de capilares y vasos sanguíneos, y cuando llegan á ella el cuchillo ó la navaja de afeitar hacen sangre. No se compone de células como la *epidérmis*, sino de esa sustancia fibrosa que se aprendió en un principio á llamar tejido conjuntivo (véase pág. 18). Su parte superior rara vez está lisa, pues generalmente se levanta formando colinitas, que se llaman *papilas*, como se ve en la figura; forma la *epidérmis* una cubierta espesa sobre cada papila, y rellena los huecos entre una y otra. La mayor parte de las papilas están llenas de vasos sanguíneos.

Ahora bien, creo que no habrá dificultad en comprender por qué la piel no es roja, sino de color de

carne, y por qué está seca generalmente. La piel verdadera que está debajo de la epidérmis, está siempre húmeda, por existir allí vasos sanguíneos; los desperdicios y las partes líquidas de la sangre pasan con facilidad por las paredes de los capilares, como ya se ha aprendido, por la osmosis, y conservan húmedo todo cuanto hay en derredor suyo. Pero esta humedad no es bastante para calar la espesa cubierta de la epidérmis, y por esto la parte superior se conserva seca y escamosa.

La verdadera piel que hay debajo de la epidérmis está siempre roja; ya se sabe que si se va cortando en cualquier parte la superficie de la piel, se pone cada vez más roja, y cuanto más se vaya profundizando, aunque no llegue á dar sangre. Está roja por razon del inmenso número de capilares, todos llenos de sangre roja, que en ella se apiñan. Mirando estos capilares á traves de un gran espesor de epidérmis, no llega á distinguirse toda la parte roja, del mismo modo que cuando se pone una hoja de papel fino sobre un paño rojo, y la piel parece encarnada ó de color de carne; y donde la epidérmis es muy gruesa, se ve blanca ó amarilla, más ó ménos claro segun las circunstancias.

46. Pero si la verdadera piel húmeda está cubierta así por todas partes con una capa espesa de epidérmis, que conserva dentro la humedad, ¿cómo sucede que la piel está algunas veces enteramente mojada, cuando traspiramos?

Si se mira la Fig. 15, se verá que la epidérmis está atravesada en un punto por un canal (*h*) que la atraviesa por completo. Se observará que este

canal no está cerrado en la base de la epidérmis, sino que se introduce en la dérmis ó piel verdadera, donde se convierte en un tubo, que tiene precisa-

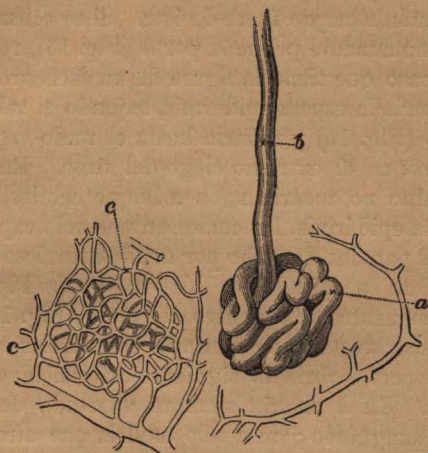


FIG. 16.—*Extremo adujado de una glándula de sudor, suprimido el epitelio.*

a, la aduja; *b*, el conducto; *c*, red de capilares, en cuyo interior está colocada la glándula.

mente por paredes una capa (*e*) de células, iguales á las de la epidérmis. No hay sitio en la Fig. 15 para enseñar lo que sucede á este tubo, pero desciende algun tanto debajo de la piel entre todos los vasos sanguíneos, y allí se enreda completamente formando un enmarañado nudo, y acaba de pronto, como se ve en la Fig. 16, donde *b* es una continuación en escala más pequeña, del mismo tubo que se ve en la Fig. 15. Este nudo está cubierto por una

apretada red de capilares, que en *c* se supone que se han desenredado y quitado del anudado tubo para que puedan verse. Es preciso entender que los capilares, aunque estén dentro de las vueltas del tubo, están siempre fuera de éste. Si se echara una bolita sumamente pequeña por *h* (Fig. 15), recorrería el paso que tiene la figura de un sacacorchos y atravesaría la espesa epidérmis, bajando el tubo derecho *b* (Fig. 16) y rodaría hasta el nudo *a*, yendo á pararse en el extremo ciego del tubo. En todo su camino no tocaría nada más que células, como las de la epidérmis, las cuales en una sola capa forman las paredes del tubo por donde atraviesa hasta debajo de la epidérmis. Ya esté en *h* (Fig. 15), ya se encuentre en *a* dentro del nudo (Fig. 16), en ámbos casos estaría en contacto con células epidérmicas; pero habría la siguiente diferencia, que es grande. En *h* estaría siempre apartada de todo capilar sanguíneo; en *a* sólo tendría que atravesar una capa delgada de células, para tocar directamente un capilar. En *h* podría permanecer seca durante algún tiempo; en *a* se humedecería en seguida, porque nada hay que impida que las partes líquidas de la sangre traspasen la delgada pared de los capilares, y despues del mismo modo la delgada pared del tubo, llegando al canal de éste y á la bolita.

Y ciertamente que lo interior del nudo está siempre mojado y lleno de líquido. Cuando los capilares que hay en derredor del nudo se llenan con exceso de sangre, como muchas veces sucede, pasa de ellos al tubo una gran cantidad de líquido acuoso é

incoloro. El tubo se llena, el líquido va subiendo en un pozo hasta la parte en forma de sacacorchos que hay en lo más espeso de la epidérmis, y por último se derrama por la boca del tubo sobre la piel. Llamamos á este líquido sudor ó *traspiracion*. El tubo con su extremo enredado se llama *una glándula*; y el acto de pasar este líquido incoloro de la sangre desde los capilares al canal del tubo se llama *secrecion*. Decimos que *la glándula del sudor secreta el sudor de la sangre que llevan los capilares, los cuales se envuelven en derredor de la glándula*.

47. Ahora podemos entender por qué está mojada y roja la parte interior de la boca. La boca tiene una piel igual á la de la mano. Hay una epidérmis exterior compuesta de células y que no tiene capilares, y debajo de ella una dérmis ó verdadera piel llena de capilares. Solamente que la epidérmis de la boca es siempre mucho más delgada que la de la mano. Los capilares rojos fácilmente relucen á traves de ella, y su humedad se cala. Por esto la boca es roja y está mojada. Además hay en ella muchas glándulas, algo parecidas á las de sudor, pero que se diferencian en la forma, y que contribuyen muy especialmente á tener la boca mojada.

Por la razon de estar siempre roja y mojada y blanda, no se llama generalmente piel á la de la interior de la boca, sino *membrana mucosa*, y la capa superior no se llama epidérmis, sino *epitelio*. Se recordará, sin embargo, que una membrana mucosa es, en realidad, una piel en la cual es delgada y blanda la epidérmis, que se llama epitelio.

La boca es el principio del canal digestivo. En

toda su longitud el canal digestivo está rodeado de una piel ó membrana mucosa como la de la boca, solamente que en la mayor parte de él el epitelio es todavía más delgado que en la boca, y á la verdad está hecho únicamente de una sola capa de células. Todo lo interior del canal es pues rojo y está mojado, y cuanto en el canal se encuentre está separado sólo por un tabique muy ténue, de la sangre que hay en los capilares, los cuales existen en números inmensos en las paredes del canal. El canal digestivo es, como ya se sabe, un tubo largo, ancho por el estómago, y estrecho en todo lo demás. En todos los puntos de su longitud está hecho el tubo de membrana mucosa por la parte de dentro, y de músculos por la de fuera, los cuales se diferencian algo de los del cuerpo y del corazon, pero tienen la misma propiedad de contraerse, y de apretar en la contraccion el contenido del tubo, precisamente de la misma manera que los músculos del corazon oprimen la sangre que hay en sus cavidades. Los músculos, y sobre todo la membrana mucosa, están plagados de vasos sanguíneos.

Aunque el epitelio de la membrana mucosa es sutilísimo, la membrana mucosa en sí misma es gruesa, en algunas partes casi tan gruesa como la piel del cuerpo. Este espesor es efecto de estar *llena de glándulas*. En la piel están bastante separadas, por lo general, las glándulas de sudor, pero en la membrana mucosa del estómago y de los intestinos, están tan pegadas unas á otras, que no parece sino que toda la membrana está formada con glándulas.

Varían éstas de figura en las diferentes partes. En ninguna son exactamente iguales á las de sudor, porque ninguna de ellas es un largo tubo adujado al extremo formando un nudo, y ninguna tampoco tiene que atravesar un gran espesor de epidérmis. La mayor parte son tubos cortos y anchos, y algunas están ramificadas en el extremo hondo. Todas, sin embargo, se parecen á las glándulas de sudor en que son tubos ó bolsas cerrados por abajo y abiertos por arriba, cubiertos con una sola capa de células y envueltos en derredor por capilares sanguíneos. Desde estos capilares pasa un líquido acuoso á los tubos, y desde los tubos al canal digestivo. Este líquido acuoso es, no obstante, de una naturaleza diferente del sudor, y no es el mismo en todas las partes del canal. El líquido excretado, que así decimos, por las glándulas que hay en las paredes del estómago es un *líquido ácido* y se llama *jugo gástrico*; el de las glándulas de las paredes de los intestinos es un *líquido alcalino*, y se llama *jugo intestinal*.

48. Pero además de estas glándulas en la membrana mucosa de la boca, estómago é intestinos, hay otras que á primera vista parecen no tener nada que ver con la membrana mucosa.

Debajo de la piel, por bajo de cada oído, precisamente detras de la quijada, hay un cuerpo blando, que generalmente no se encuentra al tacto, pero que cuando está inflamado por lo que se llama "las paperas" se hincha formando un gran bulto. En una cabeza de carnero se encontrará el mismo cuerpo exactamente, y si se procede á examinarlo se

notará que tiene unida una cuerda carnosa que corre por debajo de la piel á través del carrillo hácia la boca. Cortando dicha cuerda se descubriría que lo que cuerda habia parecido era en realidad un tubo estrecho que sale del cuerpo blando de que venimos hablando y que va á abrirse dentro de la boca. Justamente al lado del cuerpo blando se divide este tubo en otros dos más pequeños, éstos se dividen á su vez en otros más pequeños todavía, ó se ramifican en varios sentidos: todas estas ramificaciones vuelven á dividirse como las ramas de un arbolillo; y así siguen ramificándose y dividiéndose, haciéndose más pequeños cada vez, hasta que concluyen en tubos finos, cerrados por su extremidad hinchada. Todos los tubos, grandes y pequeños, están forrados con epitelio y envueltos completamente por vasos sanguíneos, y por estar empaquetados los unos con los otros con tejido conjuntivo, forman el cuerpo blando á que nos referimos. Este cuerpo no es más que una *glándula*, y se llama *glándula salival*; como se ve, no es una simple glándula como una glándula de sudor, sino que se compone de una porcion de glándulas en forma de tubos, todas unidas, y por esto se llama una *glándula compuesta*. Estando colocada muy léjos de la boca, tiene que ponerse en conexion con la cavidad de ésta por un tubo largo que se llama su *conducto*. No puede ménos de repararse cuán parecida es esa glándula, en su estructura, á un pulmon. El pulmon no es otra cosa que una glándula que secreta ácido carbónico; y el conducto de los dos pulmones se llama la tráquea. La

glándula salival que hay debajo del oído se llama la *glándula parótida*; hay otra muy semejante debajo del ángulo de la quijada á los dos lados, que se llama *glándula submaxilar*. Por cada una de ellas se secreta un líquido acuoso, que corriendo por sus conductos á descargar en la boca y mezclándose allí con las humedades que son secreciones de otras glándulas de la boca, se llama *saliva*.

En la cavidad del abdomen, precisamente debajo del estómago, hay otra glándula mucho más grande, pero compuesta enteramente de igual manera, que se llama *el páncreas*, la cual derrama su secreción llamada *jugo pancreático* en el canal digestivo precisamente donde empieza el intestino delgado (Fig. 17, *g*).

Aquel gran órgano, el hígado, aunque su estructura no es enteramente la misma que la del páncreas ó las glándulas salivales, como más adelante se aprenderá, es sin embargo una glándula enorme, que secreta de los capilares de la sangre en que se divide la vena porta (véase pág. 77), un líquido llamado *bílis* ó *hiel*, que por un conducto, el *conducto de la bílis*, va á derramarse encima del intestino (Fig. 17, *e*). Cuando no hace falta bílis, como cuando estamos ayunando, sale por un pasillo lateral desde el conducto á la vejiga de la hiel (Fig. 17, *f*) para almacenarse allí hasta que se necesite.

49. ¿Para qué sirven todos estos jugos y secreciones? Para disolver el alimento que comemos.

Comemos toda clase de manjares, pero en todos los que valen la pena de comerlos encontramos la

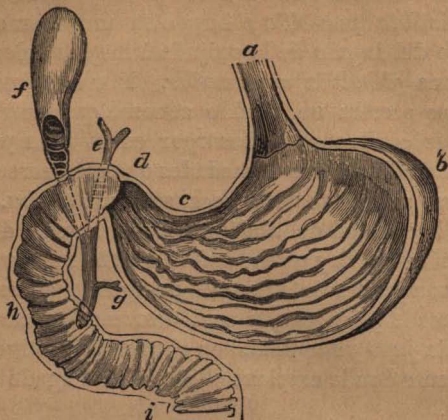


FIG. 17.—*El estómago abierto por detrás.*

a, el esófago ó tragadero; *b*, una extremidad del estómago; *d*, la otra extremidad que se une al intestino; *e*, conducto de la hiel; *f*, vejiga de la hiel; *g*, conducto pancreático; *h*, *i*, intestino delgado.

misma clase de cosas, que llamanos *sustancias alimenticias*.

Comemos varias especies de carnes, pero todas ellas se componen de los elementos principales; la sustancia de la fibra muscular, que ya se ha aprendido que es una materia *proteídea*, que contiene ázoe, y la *grasa* que sirve de forro á la carne muscular magra. Ahora bien las proteídeas, cuando están cocidas, son insolubles en el agua; y es sabido que la grasa no se mezcla con el agua. Estas dos partes de la carne, estas dos sustancias alimenticias, tienen que ser elaboradas ántes de que puedan pasar desde lo interior del canal digestivo,

atravesando el epitelio de la membrana mucosa, á los capilares de la sangre.

Además de la carne comemos pan. El pan se compone principalmente de *almidon*; pero además del almidon encontramos en él una sustancia que contiene ázoe y que se parece muchísimo á la materia proteídea de los músculos y de la sangre.

Las patatas contienen una grandísima cantidad de almidon con una cantidad muy pequeña de materia proteídea; y casi todos los vegetales que comemos contienen almidon con más ó ménos materia proteídea.

Tambien comemos generalmente azúcar, en mayor ó menor cantidad, ya en sí misma ó en forma de dulces. Tambien tomamos sal en nuestras comidas; y en casi todo lo que comemos, animal ó vegetal, carne, pan, patatas ó frutas, tragamos una cantidad de sustancias minerales, ó lo que es lo mismo, varias clases de sales, como potasa, cal, magnesia, hierro, con ácidos sulfúrico, clorhídrico, fosfórico y otros.

En todo aquello de lo cual vivimos encontramos una ó más de las siguientes sustancias alimenticias:—Materia proteídea, almidon ó azúcar, y grasa, junto con ciertos minerales y agua. De estas cosas vivimos: cualquier artículo que contenga bien materia proteídea, bien almidon, bien grasa, es útil como alimento. Cualquier artículo que no contenga nada de esto, es inútil para alimento, á no ser por los minerales ó agua que pueda tener.

No estamos obligados á comer todas estas sustancias alimenticias. Nos es indispensable siempre la

materia proteídea, pues es la única sustancia alimenticia que contiene ázoe. Es la única sustancia que puede renovar la materia proteídea azoada de la sangre y asimismo la materia proteídea azoada del cuerpo.

Podríamos ciertamente vivir solamente de materia proteídea, porque no sólo contiene ázoe sino también carbono é hidrógeno, y con ella, ayudada de unos pocos minerales, podríamos renovar toda la sangre y reconstruir cada una de las partes del cuerpo y todas ellas ; pero, como más tarde se aprenderá, no sería económico ni prudente hacerlo así. El almidon, el azúcar y las grasas contienen carbono é hidrógeno sin ázoe ; y por esta razón, si tenemos que vivir de estas cosas tenemos forzosamente que añadirles alguna materia proteídea.

50. De estas sustancias alimenticias, dejando aparte los minerales, el azúcar (del cual, como es sabido, hay diferentes clases, de caña, de uva y otras) es la única que realmente es soluble, y que pasa fácilmente á través de las membranas delgadas por la osmosis (véase pág. 102). Si se toma un poco de clara de huevo, ó de suero de la sangre, ó de carne, ó de fibrina, ó una cantidad de almidon hervido ó sin hervir, ó una cantidad de aceite ó de grasa, y se pone en una vejiga y se sumerge ésta en agua pura, se verá que ninguna de dichas sustancias atraviesa la vejiga para ir al agua, como lo harían la sal y el azúcar. De la misma manera una cantidad de carne, ó de almidon ó de grasa, colocada en el canal digestivo, nunca atravesaría la membrana que separa lo interior del canal de lo in-

terior de los capilares, y por lo tanto sería perfectamente inútil como alimento, á ménos que se hiciera algo con ella. Miéntas que el alimento está sencillamente dentro del canal digestivo, está realmente fuera del cuerpo. Puede únicamente decirse que está dentro del cuerpo cuando llega á la sangre.

En las cosas que comemos, además, estas sustancias alimenticias están mezcladas con muchísimas cosas que no lo son de ninguna manera; están amasadas en toda especie de cajitas, que en su mayor parte no son mejores de comer que las cajas de carton en que vienen empaquetados los dulces que se compran. Las sustancias alimenticias tienen que sacarse de dichas cajas y de su envoltura.

Los jugos secretados por las glándulas, de que hemos hablado, disuelven y sacan las sustancias alimenticias de sus cubiertas, las elaboran de modo que queden á propósito para pasar á la sangre, y dejan todas las envolturas como objetos inútiles que salen del canal digestivo sin entrar en la sangre, y por lo mismo sin formar realmente parte del cuerpo de ninguna manera.

Esta preparacion y elaboracion de las sustancias alimenticias se llama *digestion*.

Las diferentes sustancias alimenticias son elaboradas en partes diferentes del canal digestivo.

La saliva de la boca tiene la asombrosa propiedad de *cambiar el almidon en azúcar*. Si toma uno en la boca almidon hervido, que es espeso, pegajoso, pastoso y sin sabor, y lo tiene allí algunos instantes, se vuelve delgado y acuoso, y sabrá ente-

ramente dulce, porque el almidon se ha cambiado en azúcar ; y ya se sabe que el azúcar cala fácilmente las membranas, aunque el almidon no las cala.

El jugo gástrico del estómago no tiene mucha influencia en el almidon, pero *disuelve rápidamente todas las materias protéideas*.

Si se toma un pedazo de carne cocida, y se coloca dentro de algun jugo gástrico manteniendo todo caliente, en muy poco tiempo desaparecerá por grados la carne. Se disolverá toda la materia protéidea, y sólo quedarán las envolturas de la fibra muscular y la grasa. Se tendrá una disolucion de carne, y lo que es más todavía, una disolucion que, por extraño que parezca, atravesará fácilmente las membranas, y estará por lo tanto á punto de introducirse en la sangre.

El jugo pancreático y el jugo que secreta el intestino, obran ámbos en el almidon lo mismo que la saliva, y en las protéideas casi tanto como el jugo gástrico.

51. La bÍlis y el jugo pancreático juntos elaboran todas las grasas de un modo muy curioso.

Se sabe que si se remueve aceite mezclado con agua, aunque haciéndolo muy violentamente pueda llegarse á mezclarlos bastante, en seguida que cesa el movimiento se separan otra vez, y todo el aceite se queda flotando encima del agua. Sin embargo, si se remueve el aceite con el jugo pancreático y la bÍlis, no se separa el aceite, y se forma una especie de nata, y hay que esperar mucho tiempo ántes de que el aceite flote encima. La leche, todo el mun-

do lo sabe, contiene grasa, que generalmente se llama mantequilla. Si se examina la leche con el microscopio, se verá que esa grasa está toda separada formando las gotas más pequeñas posibles. De la misma manera cuando se remueven aceite ó mantequilla ó cualquier otra grasa, con bÍlis y jugo pancreático, se encontrará, si se somete á exámen la mezcla, que la grasa ó el aceite está todo separado en las gotas más pequeñas posibles. ¿Cuál es el objeto de esto?

Si se mira el interior del intestino delgado de cualquier animal, se verá que no es liso y reluciente como el exterior del intestino, sino felposo, ó más bien, aterciopelado. Esto es porque la membrana mucosa está toda ella llena de pingajos, como lengüetas, que cuelgan en lo interior del intestino y que se llaman *vellosidades*; no dejan de parecerse á las papilas de la piel (Fig. 15), suponiendo que se ha arrancado toda la epidérmis excepto la hilera de células de la base (*d*), y que se ha tirado hácia fuera bastante de la misma papila. La Fig. 18 es un bosquejo para pintar la configuracion de una de las *vellosidades*. Puede verse que el epitelio (*b*) está hecho de una sola hilera de células. Debajo del epitelio, de la misma manera precisamente que en la papila de la piel, hay una red de capilares sanguíneos, que para mayor claridad se representan solamente en la vellosidad de la derecha; pero además de los capilares de la sangre, hay en cada vellosidad, lo que no hay en la papila de la piel, otro capilar (que para mayor claridad sólo se pinta en la vellosidad de la izquierda) que no contiene sangre, que no está en co-

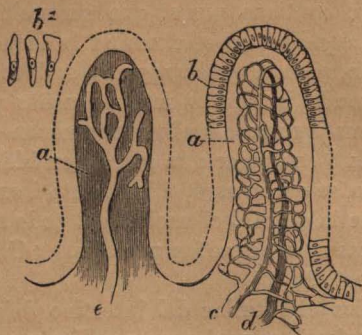


FIG. 18.— *Vista semi-diagramática de dos vellos del intestino delgado.*
(Agrandados unos 50 diámetros.)

a, sustancia del vello; *b*, su epitelio, del cual pueden verse algunas células aparte en *b'*; *c d*, arteria y vena, con su conexión de red de capilares, la cual envuelve y oculta á *e*; lactífero que ocupa el centro del vello y se comunica con una red de vasos lactíferos que hay en su base.

nexión con ninguna arteria ni vena, sino que empieza en la vellosidad. Éste es un *lactífero*. No he hablado de éstos hasta ahora. En casi todas las partes del cuerpo encontramos, además de los capilares de la sangre, pasadizos muy parecidos á los capilares, excepto en que contienen un líquido incoloro en vez de sangre, y no se derivan ó ramifican de otros vasos más grandes como las arterias. Parecen partir del sitio en que se encuentran, como las raíces de una planta en el suelo; pero aunque en no ramificarse de troncos más grandes se diferencian de los capilares de la sangre, se asemejan á éstos en que se reúnen para formar troncos más grandes que corresponden á las venas, y el líquido incoloro corre desde los delgados canales capilares hácia estos troncos mayores. Este líquido incoloro se llama *linfa*; se

parece mucho á la sangre sin los corpúsculos rojos, y los canales por donde corre se llaman *linfáticos*.

Los linfáticos de casi todas las partes del cuerpo se unen últimamente formando un gran tronco que se llama el *conducto torácico*, que se vacía dentro de las grandes venas del cuello, como se representó en el diagrama, Fig. 6, *Lct., Ly., Th. D.*

Ahora bien, muchos de los linfáticos parten de las innumerables vellosidades del intestino, y se llaman allí *lactíferos* (Fig. 6, *Lct.*); así es que puede decirse que los lactíferos son aquellos linfáticos que tienen sus raíces en las vellosidades del intestino.

Pero ¿qué tiene todo esto que ver con la digestion de la grasa? Lactífero significa *que lleva leche*, y los linfáticos que proceden de las vellosidades se llaman lactíferos, porque cuando se está haciendo la digestion, el líquido que hay en ellos, en vez de ser trasparente como lo es en los demas linfáticos, *es blanco y lechoso*. ¿Por qué es blanco y lechoso? Porque está lleno de pequeñísimas partículas de grasa, que proceden de lo interior del intestino. Son las mismas pequeñísimas partículas en que la bÍlis y el jugo pancreático dividieron la grasa que se tomó como alimento. Sabemos esto porque cuando no se come grasa los lactíferos no se ponen lechosos; y cuando por cualquier razon no pueden llegar al intestino la bÍlis y el jugo pancreático, aunque se coman muchas grasas, no van éstas á los lactíferos, sino que se quedan en grandes pedazos en el intestino, y finalmente se arrojan afuera por inútiles.

52. Esto, pues, es lo que sucede con las sustancias alimenticias:—

Las grasas se dividen en partículas pequeñísimas por la acción de la bÍlis y del jugo pancreático. Estas pequeñísimas partículas pasan á traves del epitelio de las vellosidades á los vasos lactíferos, sin saber nosotros exactamente de qué manera, de los lactíferos al conducto torácico, y del conducto torácico á la venâ cava. De esta suerte se convierte en sangre la grasa que comemos.

El almidon se convierte en azúcar dentro de la boca por la acción de la saliva, y en el intestino por la del jugo pancreático ; pero el azúcar cala fácilmente las membranas y así se desliza en los capilares de sangre de las paredes del canal digestivo. De esta manera, todo el azúcar que comemos y todo lo aprovechable del almidon que comemos, pasa á la sangre.

Las proteídeas se disuelven en el estómago por la acción del jugo gástrico, y las que pasan del estómago se disuelven en el intestino, hasta que pueden atravesar las membranas. De esta manera las proteídeas pasan á la sangre.

Probablemente pasan tambien á los lactíferos algun azúcar y algunas proteídeas.

Los minerales se disuelven en la boca, ó en el estómago ó en el intestino, y pasan á la sangre.

Y el agua pasa á la sangre por todos los puntos del canal digestivo.

Cuando comemos un pedazo de pan, miéntras que lo estamos mascando en la boca, se está mojan-do y mezclando con saliva. Parte de su almidon se cambia por esto en azúcar, y todo él se ablanda y disuelve. Al pasar al estómago, algunas de las

proteídeas son disueltas por el jugo gástrico y pasan á la sangre, y todo lo demas del pan se convierte en una masa pulposa. Pasando entónces al intestino, lo que queda de almidon se cambia allí por la accion del jugo pancreático en azúcar, y es desde luégo extraído por los lactíferos ó directamente á la sangre. En el intestino se disuelve lo que resta de las proteídeas, hasta que nada queda sino las conchas de las pequeñas cámaras en que habia almacenado almidon y proteídeas la espiga de trigo, conforme fué creciendo.

Cuando comemos un pedazo de carne, la rasgan los dientes haciéndola pedazos bien mojadas por la saliva, pero apénas sufre otro cambio en la boca. En el estómago, sin embargo, se disuelven rápidamente las proteídeas bajo la accion del jugo gástrico. Los pedazos se suavizan ; las fibras del músculo se abren y se separan ; la grasa se liberta saliendo de las cámaras en que la habia almacenado en vida la res ó el carnero y derretida por el calor del estómago flota en grandes goterones encima de la ablandada masa pulposa del alimento á medio digerir. Removida de un lado á otro en el estómago durante algun tiempo por la contraccion de los músculos que contribuyen á formar las paredes del estómago, perdiendo en todo este intervalo muchas proteídeas que van á la hambriente sangre, la trasformadísima carne acaba por escurrirse dentro del intestino. Aquí la bÍlis y el jugo pancreático, deshaciendo la grasa en pequeñas partículas, mezclan las grasas, y la despedazada carne, y las vacías envolturas, y las sales, y el agua, y con todo junto

forman una como crema espesa, amarillenta. Apretada y recorriendo el intestino por la contraccion de las paredes musculares, la parte buena de esta crema poco á poco va calándose. La grasa va á los lactíferos gota á gota, partícula por partícula, y despues á la sangre. Las proteídeas, cada vez más disueltas cuanto más viajan por el canal, se van pasando á los vasos sanguíneos ó lactíferos. Las sales y el agua hacen lo mismo, hasta que finalmente la carne digerida, de la cual ha desaparecido todo lo aprovechable, en la que nada queda sino las envolturas no digeribles, y quizás tambien algunos pedazos perdidos de fibra ó de grasa, es expelida afuera por no servir ya para nada.

Así es como todas las sustancias alimenticias, sin mucha alteracion, sin que se cambie todo lo que tienen de bueno, pasan á la sangre, bien directamente, bien entrando primero en los lactíferos y despues en la sangre ; y, como las envolturas inútiles de las sustancias alimenticias, son arrojadas fuera del cuerpo.

Miéntas estamos digiriendo, la sangre está incesantemente corriendo por las ramas de la aorta, á traves de las arterias pequeñas y capilares del estómago é intestino, por la vena porta, y luégo atravesando el hígado, otra vez al corazon ; y durante los pocos segundos que se detiene en el intestino, se carga de sustancias alimenticias que toma del canal digestivo, poniéndose más rica á cada vuelta que da. Miéntas estamos digiriendo, el conducto torácico está derramando, gota á gota, en las grandes venas del cuello el rico líquido lechoso que le

han traído del intestino los lactíferos, y como la sangre barre la abertura del conducto torácico al bajar del cuello al corazón, se lleva consigo aquel rico líquido lechoso y el corazón lo reparte otra vez por todo el cuerpo. *Así es como la sangre se alimenta con el alimento que comemos, y el cuerpo se alimenta con la sangre.*

CÓMO LA SANGRE SE DESHACE DE LOS DESPERDICIOS—VIII.

53. Empero si la sangre está continuamente enriqueciéndose y llenándose de cosas, tiene forzosamente que estar de continuo deshaciéndose de cosas. Éstas que pierde no son, sin embargo, lo mismo que las que toma. La sangre, como ya hemos dicho, es el combustible para los músculos, para el cerebro, y para otras partes del cuerpo. Éstas queman la sangre, la queman con calor, pero sin luz. Mas, como ya se ha aprendido en las *Nociones de Química*, Art. 4, el quemarse es sólo cambiar, pero no destruirse: en la combustion nada se pierde. Si el músculo quema sangre, la convierte al quemarla en algo; este algo, que ya está quemado, no puede quemarse otra vez, y es preciso deshacerse de ello.

¿En qué cosas se convierte el cuerpo al quemarse mientras está vivo?

Ya he dicho que si se tomase un pedazo de carne ó alguna sangre, y después de seca se quemara, se vería que se había convertido en cuatro cosas; agua, ácido carbónico, amoníaco y cenizas. El cuerpo está compuesto de ázoe, carbono, hidrógeno y oxí-

geno, además de azufre, fósforo, y algunos otros elementos. El ázoe y el hidrógeno van á formar el amoniaco; el hidrógeno, con el oxígeno de la combustion, forma el agua; el carbono, ácido carbónico; el fósforo, azufre y otros elementos van á formar fosfatos, sulfatos y otras sales.

De cualquier modo que el cuerpo se oxide, ya se queme rápidamente en un horno, ya se oxide lentamente despues de muerto, como cuando se pulveriza, bien sobre la tierra, bien debajo de ella; ya se oxide prontamente por la sangre arterial viva, miéntras aún tiene vida; de todas estas diversas maneras las cosas en que se convierte al quemarse, en que se transforma al oxidarse, son las mismas. Cualesquiera que sean los pasos primeros, siempre el fin es agua, ácido carbónico, amoniaco y sales.

Éstas son las cosas que siempre se están formando en la sangre por la oxidacion del cuerpo, y las que el cuerpo tiene siempre que estar expulsando.

Además del agua que procede de la oxidacion de los sólidos del cuerpo, siempre estamos tomando una inmensa cantidad de agua; en parte porque es absolutamente necesario tener continuamente húmedo el interior de nuestro cuerpo, en parte porque el alimento no puede pasar á la sangre, sino cuanto está disuelto en agua, y en parte porque necesitamos lavarnos por dentro tanto como por fuera; si no tuviéramos, por decirlo así, una corriente de agua pasando continuamente por nuestros cuerpos para hacer desaparecer todas las impurezas, pronto nos ahogaríamos, del mismo modo que se atasca una máquina con el hollin y las cenizas si no se la

limpia convenientemente. Tenemos, pues, todos los dias que expeler una gran cantidad de agua de limpieza, además de aquella que procede de haberse quemado el hidrógeno de nuestro alimento.

Ya hemos visto que mucha parte del ácido carbónico sale por los pulmones al mismo tiempo que entra en ellos el oxígeno. Por el mismo sitio se escapa una gran cantidad de agua. Todo el mundo sabe muy bien que por seco que esté el aire que se respire, sale del cuerpo enteramente húmedo y cargado de agua.

Tambien hemos visto ya de qué manera secreta la sangre el sudor en las glándulas de sudor, y cómo va de éstas á la piel. La traspiracion es poco más que agua con un poco de sal. La piel, por tanto, ayuda á purificar la sangre por las glándulas de sudor, por las cuales expulsa el agua y un poco de sal. Es necesario recordar que una gran parte del agua sale de la piel sin que lo conozcamos. En vez de quedarse encima de la piel formando gotas, como el sudor, se escapa en seguida en forma de vapor. Tambien sale de la sangre por la piel algun ácido carbónico.

54. Nos queda únicamente por averiguar ; ¿de qué manera se deshace la sangre del amoníaco y de las otras sustancias salinas que no pasan por la piel ?

Las secreta la sangre por el riñon, disueltas en una gran cantidad de agua, en forma de *orina*.

¿Qué es el riñon ? Luégo se aprenderá más acerca de este órgano. Miéntras tanto, bastará para nuestro actual propósito decir que un riñon es un manojo de grandes glándulas tubulares, bastante

parecidas á las de sudor, todas amarradas juntas hasta formar la masa redonda cuyo aspecto es familiar á todos. *Dentro de estas glándulas secreta la sangre la orina lo mismo que secreta el sudor en las glándulas de sudor.* Las mismas glándulas se unen á formar un tubo ó conducto comun que lleva la orina al receptáculo llamado la vejiga urinaria, desde donde es expulsada afuera cuando se necesita.

¿Qué es orina? En realidad la orina es agua que contiene en disolucion algunas sales, y que particularmente contiene una cantidad de amoniaco. El amoniaco en la orina se encuentra generalmente en un estado especial, por estar combinado con un poco de ácido carbónico, en cuya forma se llama *urea*. Si la urea no es realmente amoniaco es su vecina más próxima.

Los tres grandes canales, pues, por los cuales la sangre se purifica y se deshace de sus desperdicios, son los pulmones, los riñones y la piel. Por los pulmones se escapan ácido carbónico y agua; por los riñones, agua, amoniaco en forma de urea, y varias sales; por la piel, agua y unas pocas sales. Al atravesar pulmon, riñon y piel, arroja la sangre poco á poco las impurezas que la agruman, una en un punto y otra en otro, y sale de cada uno más pura y más fresca. La necesidad de expeler el ácido carbónico y de adquirir una nueva provision de oxígeno es más urgente que la de deshacerse del amoniaco y de las sales. Por esta razon, miéntras que toda la sangre que sale del ventrículo izquierdo tiene que pasar por los pulmones ántes de volver otra vez al ventrículo izquierdo, solamente una pe-

queña parte pasa por los riñones, la que basta para llenar á cada latido las arteritas que conducen á aquellos órganos. La sangre anhela grandes corrientes de oxígeno, y expele al respirar grandes bocanadas de ácido carbónico, pero se contenta enteramente con despojarse de su amoniaco y demas sales, por fracciones, y á poquitos.

Los tres canales se combinan para conservar la sangre pura y fresca, trabajando duramente y limpiando mucho cuando se ha tomado mucho alimento ó mucha agua, ó se ha trabajado mucho, y tomando descanso y trabajando poco cuando se ha comido ó bebido poco, ó cuando el cuerpo está en reposo.

RESÚMEN—IX.

55. Ahora ya debemos de estar en disposicion de entender cómo es que vivimos del alimento que comemos.

El alimento, por cuanto puede ser quemado, es un manantial de poder. Al quemarse produce calor, y el calor es una fuerza. Si quisiéramos, podríamos quemar en un horno las cosas que tomamos como alimento, y con ellas mover una locomotora ó una fábrica; si quisiéramos podríamos convertirlas en pólvora, y con ellas disparar un cañon ó dar barreno á las rocas. En vez de hacer esto, las quemamos en nuestros propios cuerpos, y empleamos su poder dentro de nosotros.

El alimento que pasa adentro del canal digestivo es allí digerido; las nutritivas sustancias alimenticias son separadas del residuo no nutritivo, con po-

quísimo cambio ; pasan á la sangre, de la cual entran á formar parte.

La sangre, llevada por el incesante golpe de la bomba del corazon, recorre todo el cuerpo, y en los estrechos capilares baña todos los pedazos más insignificantes de casi todas las partes. Continuamente rica en materia combustible por frecuentes refuerzos de alimentos, la sangre tambien toma en cada vuelta en los pulmones el oxígeno del aire ; y así la sangre arterial está siempre llevando á todas las partes del cuerpo, á los músculos, á los sesos, á los huesos, á los nervios, á la piel y á las glándulas, sustancia que quemar y oxígeno con que quemarla.

En todas partes la oxidacion, la combustion, está verificándose, en algunos lugares ó algunas veces vivamente, en otros lugares ó en otras partes débilmente, cambiando la sangre arterial, rica en oxígeno, en sangre venosa que tiene poco oxígeno. Desde la mayor parte de los lugares donde hay oxidacion, la sangre venosa sale más caliente que la arterial cuando entra ; y toda la sangre caliente mezclándose y corriendo por el cuerpo entero conserva con calor al cuerpo. Pasando, como continuamente lo está haciendo, por innumerables hornillas, la sangre tiene indispensablemente que tener calor. Ésta es la razon porque *nosotros* tenemos calor. Pero desde algunos lugares, como desde la piel, sale la sangre venosa más fria que la arterial que entró, porque al tener que hacer su jornada por los capilares de la piel, ha entregado mucho de su calor á todo lo que tocaba en la piel, y tambien ha perdido mucho calor al convertir en vapor la traspiracion líquida.

Por esta razon miéntras tenemos salud nunca pasamos de un cierto grado de calor, la llamada temperatura de la sangre, 98° Fahrenheit (= 36° Centígrado), y por esta razon hacemos que nos calienten las ropas que nos ponemos y la cama en que dormimos.

En todas partes se está verificando la oxidacion, bien sea de la misma sangre, bien de las estructuras que baña, y cuyas pérdidas tiene que reponer. En todas partes se realizan cambios. Poco á poco, pedazo á pedazo, todas las partes del cuerpo, unas rápida y otras lentamente, están de continuo consumiéndose y tambien está de continuo haciéndolas de nuevo la sangre. Renovándolas segun su propia naturaleza, aunque es la misma sangre la que corre por todos los capilares, hace distintas cosas en diferentes partes. En el músculo hace músculo; en el nervio, nervio; en el hueso, hueso; en las glándulas, jugo. Aunque es la misma sangre, da diferentes cualidades á diversas partes: de ella saca una glándula, saliva; otra, jugo gástrico; de ella obtiene fuerza, el hueso; la propiedad de sentir, el cerebro; la de contraerse, el músculo.

Cuando el músculo biceps se contrae y levanta el brazo, hace un trabajo. La facultad de poder hacer ese trabajo, la obtuvo el músculo de la sangre, y la sangre del alimento. Todo el trabajo de que somos capaces viene, pues, de nuestro alimento, de la oxidacion de nuestro alimento, de la misma manera que el poder de la máquina de vapor viene de la oxidacion de su combustible. Pero se sabe que en la máquina de vapor solamente una pequeñísima

parte del poder, ó energía, que así se llama, del combustible va á mover la rueda. La mayor parte con mucho se pierde en calor. Lo mismo sucede en nuestros cuerpos : toda la fuerza que podemos ejercer con nuestros cuerpos no es más que una pequeña parte del poder de nuestro alimento : todo el resto se consume en mantenernos calientes.

Visitando todas las partes del cuerpo, reedificando y refrescando todos los sitios que toca, la corriente de sangre se lleva al mismo tiempo de cada órgano los desperdicios que ya á aquel órgano no le sirven. Así como cada parte ú órgano tiene diferentes propiedades y diferentes funciones, así tambien los desperdicios de todos ellos no son exactamente lo mismo, aunque todos se parezcan en que todos son los resultados de la oxidacion. Los desperdicios del músculo no son exactamente los mismos que los del hígado ó los del cerebro. Posible es que los residuos que la sangre saca de un órgano sirvan en otro, y así haya un doble trabajo, de la misma manera que el alquitran que las fábricas de gas desechan hace la fortuna del fabricante de colores.

Sea de esto lo que quiera, los productos sobrantes de todas partes, viajando de acá para allá en el cuerpo, llegan finalmente á ser convertidos en cosas muy sencillas, con toda su virtud extraída de ellas, con todas ó casi todas sus propiedades combustibles perdidas, á propósito sólo para ser expulsados del cuerpo, llegan finalmente á ser urea ó amoniaco, ácido carbónico y sales. En esta forma el alimento, de una permanencia más ó ménos prolongada en el

cuerpo, hecho ya su trabajo, edificada tal ó cual parte, habiendo ayudado al músculo á contraerse ó al hígado á secretar, habiendo producido trabajo ó calor al quemarse, se retira impotente á la tierra y al aire de donde provino. Y está todo dicho.

SENSACION Y VOLUNTAD—X.

56. Otro asunto que tenemos que anotar ántes de dar una respuesta completa á la pregunta de por qué nos movemos.

Hemos visto que nos movemos porque nuestros músculos se contraen, y que, por regla general, un músculo se contrae porque hay algo que nuestra voluntad pone en movimiento en el cerebro y que descende de allí, atravesando más ó ménos camino de la médula espinal, por ciertos nervios hasta que llega al músculo. Este algo, que podemos llamar un *impulso nervioso*, es lo que hace que el músculo se contraiga.

Pero ¿qué nos induce á poner en ejercicio nuestra voluntad? ¿Qué es lo que pone en movimiento al impulso nervioso?

No todos los nervios del cuerpo terminan en músculos. Muchos de ellos, por ejemplo, van á parar en la piel, en aquellas papilas de que se habló hace muy poco. Estos nervios no pueden ser empleados para transmitir impulsos nerviosos del cerebro á la piel. Por un esfuerzo de la voluntad puede hacerse que los músculos se contraigan; pero por mucho que se quiera y se ensaye, no puede producirse cambio alguno en la piel.

¿Para qué sirven entónces estos nervios? Si se pincha uno ó se toca un dedo, siente el pinchazo ó el toque, y se dice que se tiene *sensacion* en el dedo. Supóngase que se cortan los nervios que van desde el dedo recorriendo el brazo al cerebro. ¿Qué sucederia? Que pinchándose ó tocándose el dedo no se sentiria pinchazo ni toque. Se diria que habia uno perdido toda la *sensacion* en aquel dedo. Estos nervios, pues, que acaban en el dedo, tienen un uso diferente que los que terminan en el músculo. *Los últimos llevan impulsos desde el cerebro al músculo, y por esto, porque son instrumentos para producir movimientos, se llaman nervios motores. Los primeros, que llevan impulsos desde la piel al cerebro, y que son instrumentos para producir sensaciones, se llaman nervios sensorios.* Todas las partes de la piel están provistas de estos nervios sensorios, pero no en el mismo grado. De las partes donde abundan, como los dedos, se dice que son muy sensitivas; de los partes en que son escasos, como la espalda del tronco, se dice que son ménos sensitivas. Otras partes, además de la piel, tienen tambien nervios sensorios.

Los nervios motores son sólo de una clase: todos tienen una clase de trabajo que llevar á cabo—hacer que el músculo se contraiga. Pero hay diversas clases de nervios sensorios, y cada clase tiene un trabajo especial á su cargo. Los diferentes trabajos que estas diversas clases de nervios sensorios tienen que hacer se llaman *los sentidos*.

El trabajo de los nervios de la piel, en todo el cuerpo, es llamado el *sentido del tacto*. Por el tac-

to puede conocerse si un cuerpo es áspero ó liso, húmedo ó seco, frio ó caliente, y así muchas más cosas.

No se puede, sin embargo, distinguir al tacto el azúcar de la sal ; pero inmediatamente que se coloca sal ó azúcar en la lengua se puede saber lo que es, porque se emplean entónces nervios sensorios de otra clase, los nervios que nos dan el *sentido del gusto*. Así tambien tenemos nervios del *olfato*, nervios del *oído* y nervios de la *vista*.

Los nervios del tacto, en el sitio de la piel donde concluyen, ó mejor dicho donde empiezan, tienen algunas veces y otras no, unas estructuritas especiales unidas á ellos, pequeños *órganos de tacto*. Del mismo modo terminan ó más bien empiezan de un modo especial los órganos del gusto y del olfato. Al llegar á los nervios del oído y de la vista encontramos que éstos principian en los órganos más primorosos y complicados, la oreja y el ojo.

Acerca de todos estos *órganos de los sentidos* se aprenderá más en lo sucesivo ; miéntras tanto quiero que se entienda que por medio de estos diversos nervios sensorios, miéntras estamos vivos y despiertos, recibimos impresiones del mundo externo, sensaciones de tacto, sensaciones de aspereza y lisura, de calor y frio, de buenos y malos olores, sensaciones de gustos de varias clases, sensaciones de toda especie de sonidos, sensaciones de los colores y formas de las cosas.

Por la piel, por la nariz, por la lengua y el paladar, por los oídos, y sobre todo por los ojos, están siempre subiendo hasta el cerebro, valiéndose de los

nervios sensorios, las impresiones producidas por el mundo externo ; allí llegan tambien impresiones de dentro de nosotros mismos, diciéndonos dónde están nuestros miembros y qué están haciendo nuestros músculos. Dentro del cerebro se vuelven sensaciones dichas impresiones. Ponen al cerebro en accion ; y el cerebro trabajando sobre ellos y por ellos, merced á medios que no conocemos, gobierna el cuerpo como una voluntad consciente é inteligente.

ÍNDICE.

	PAG.
I. INTRODUCCION.	
1. Lo que es Fisiología	9
2. Puede uno moverse por su propia voluntad	9
3. Se siente calor	11
4. Tiene uno calor y puede moverse de un punto á otro por sí mismo	12
5. Es necesario el oxígeno	14
6. Los desperdicios	14
II. PARTES DE QUE SE COMPONE EL CUERPO.	
7. Los tejidos	16
8. Cavidades del tórax y del abdómen	19
9. La columna vertebral	21
10. La cabeza y el cuello	25
11. Los nervios	28
12. Arreglo general de todas estas partes	29
III. LO QUE SUCEDE CUANDO NOS MOVEMOS.	
13. Los huesos del brazo	32
14. La articulacion del codo	34
15. Otras articulaciones del cuerpo	36
16. El brazo se mueve por las contracciones del músculo biceps	37
17. Cómo hace la voluntad que el músculo biceps se contraiga	34
18. La facultad de contraerse un músculo depende de que llegue á él la sangre	47
19. El alimento convertido en sangre conserva la fuerza del músculo	49
20. La necesidad de alimento es constante	50

	PAG.
IV. LA NATURALEZA DE LA SANGRE.	
21. La sangre en los capilares . . .	53
22. Los corpúsculos de la sangre . . .	55
23. Coagulacion de la sangre . . .	58
24. Sustancias que se encuentran en el suero . . .	62
25. Minerales que se encuentran en la sangre . . .	64
V. CÓMO SE MUEVE LA SANGRE.	
26. Las arterias, los capilares y las venas . . .	66
27. El corazon de un carnero . . .	70
28. Curso de la circulacion . . .	73
29. Por qué la sangre se mueve sólo en una direccion: válvulas de las venas . . .	79
30. Las válvulas tricúspides del corazon . . .	81
31. Las válvulas semilunares de la arteria pulmonar . . .	86
32. El lado izquierdo del corazon . . .	88
33. Causa de la circulacion sanguínea: los movimien- tos del corazon . . .	92
34. La accion del corazon . . .	95
35. Los vasos capilares y los tejidos . . .	100
VI. CÓMO SE CAMBIA LA SANGRE POR EL AIRE: RESPIRACION.	
36. Sangre venosa y sangre arterial . . .	102
37. Trasformacion de la sangre de arterial en venosa y de venosa en arterial . . .	105
38. Los pulmones . . .	106
39. Cómo se verifica la renovacion del aire en los pulmones. Cómo el descenso del diafragma dilata los pulmones . . .	108
40. Dilatacion natural de los pulmones. Inspiracion. Expiracion . . .	109
41. Descenso del diafragma . . .	114
42. El pecho se dilata tambien por los movimientos del esternon y de las costillas . . .	115
43. La respiracion es un acto involuntario . . .	119
44. Aire de flujo y reflujo. Aire estacionario . . .	120

	PÁG.
VII. CÓMO EL ALIMENTO CAMBIA LA SANGRE. DIGESTION.	
45. Por qué el interior de la boca está siempre encarnado y húmedo	122
46. Por qué se humedece á veces la piel. Glándulas de sudor	126
47. Membrana mucosa del canal digestivo y sus glándulas	129
48. Glándulas salivales, el páncreas y el hígado	131
49. Sustancias alimenticias	133
50. Cómo las sustancias proteídeas y el almidon se disuelven y trasforman	136
51. Vasos lactíferos y linfáticos	138
52. En qué se trasforman las sustancias alimenticias.	141
VIII. CÓMO LA SANGRE SE DESHACE DE LOS DESPERDICIOS.	
53. Necesidad de expeler las materias inútiles ó desperdicios	145
54. Los riñones se deshacen del amoniaco bajo la forma de urea	147
IX. 55. RESÚMEN	149
X. 56. SENSACION Y VOLUNTAD	153

NOCIONES DE FÍSICA,

Por el Profesor BALFOUR STEWART, F. R. S.

(CON LÁMINAS.)

Esta obrita y las demas "Cartillas Científicas" enumeradas á continuacion, forman la coleccion á que se refieren las siguientes

DOS CARTAS QUE PUEDEN SERVIR DE PRÓLOGO.

NUEVA YORK, *Octubre 28, de 1876.*

SR. DR. DON G. RAWSON.

Muy señor nuestro: Muchos Profesores, de los países hispano-americanos, nos han manifestado el deseo de ver publicadas en castellano las obritas que forman la coleccion de los "Science Primers" (Cartillas Científicas), tan populares en este país y en Inglaterra.

Como nadie mejor que V. puede juzgar si dichos trataditos convendrian para aquellas escuelas, le estimaríamos á V. se sirviese examinar los tomos que nos tomamos la libertad de enviar á V., y comunicarnos su opinion.

Rogamos á V. se digne disimular la molestia; y quedamos, con la mas distinguida consideracion, de V. SS. y atentos SS. y affmos. amigos,

D. APPLETON Y CA.

NUEVA YORK, *Nov. 8, de 1876.*

SRES. D. APPLETON Y CA.

Muy Señores míos: Los nombres de los distinguidos Profesores bajo cuya direccion se han preparado y publicado los libros de ciencia elemental acerca de los cuales se sirven Vds. perdirme opinion, bastan para recomendarlos: sin embargo, he querido examinar por mí mismo los tres que me remiten, y que son parte de la coleccion, para poder contestar á Vds. con mi propio juicio.

Puedo afirmar, Señores, que rara vez se ven consignados en tan breve espacio y con tanta simplicidad los principios rudimentarios de

una ciencia. La precision y claridad de las definiciones, y la sencillez, facilidad y eficacia de los experimentos sugeridos, nada dejan que desear para su objeto. Creo, pues, que la publicacion en español de estas cartillas científicas, como Vds. las llaman, será un servicio importante para los pueblos que hablan esa lengua, y particularmente para las Repúblicas Sud-Americanas. La teoría de que la instruccion científica debe comenzar en la escuela primaria para desenvolverse en los grados ascendentes de la enseñanza, está prácticamente adoptada en los programas de educacion comun en la República Argentina, y tal vez en algunas de las otras de Sud-América: de suerte que la publicacion que Vds. intentan va á servir directamente para una necesidad ya sentida.

Agregaré que estimo en tanto el mérito de estos libritos, como elementos de ciencia popular, que me permito anunciarles favorable acogida, no solo en las escuelas sino tambien en las familias, entre las cuales pueden difundir los útiles conocimientos y el espíritu de investigacion que ellos encierran.

Contestada así la carta que se han servido Vds. dirigirme, quedo, con toda consideracion,

De Vds. atento Servidor,

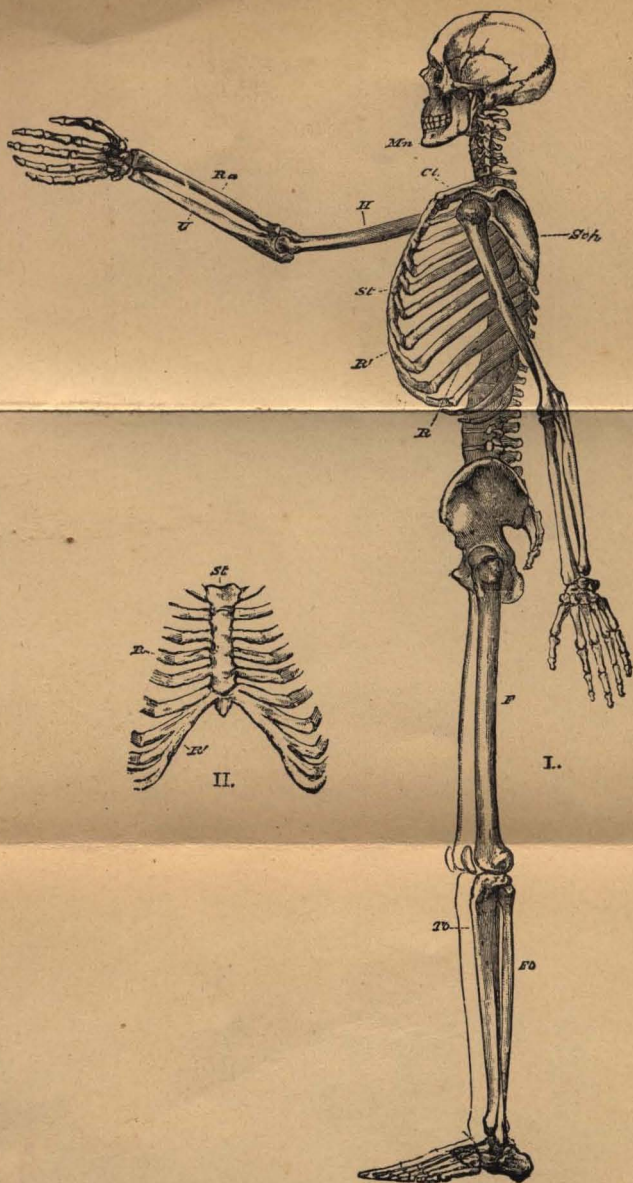
G. RAWSON.



NOCIONES DE FISICA.....Por BALFOUR STEWART, F. R. S.
NOCIONES DE QUIMICA.....Por H. E. ROSCOE, F. R. S.
NOCIONES DE FISILOGIA.....Por el Dr. M. FOSTER, F. R. S.
NOCIONES DE ASTRONOMIA...Por J. NORMAN LOCKYER, F. R. S.
NOCIONES DE GEOGRAFIA FISICA.....Por A. GEIKIE, F. R. S.
NOCIONES DE GEOLOGIA.....Por A. GEIKIE, F. R. S.
NOCIONES DE ECONOMIA POLITICA.....Por W. S. JEVONS.

CARTILLAS HISTÓRICAS.

NOCIONES DE HISTORIA DE EUROPA.....Por E. A. FREEMAN.
NOCIONES DE HISTORIA DE GRECIA.....Por C. A. PYFFE.
NOCIONES DE HISTORIA DE ROMA.....Por M. CREIGHTON.
NOCIONES DE ANTIGÜEDADES ROMANAS..Por A. S. WILKINS.
NOCIONES DE ANTIGÜEDADES GRIEGAS..Por J. P. MAHAFFY.



EXPLICACION DE LA LÁMINA.

FIG. I.—ESQUELETO HUMANO DE PERFIL.

<i>Mn.</i> Mandíbula ó quijada inferior.	<i>H.</i> Húmero	} del brazo.
<i>St.</i> Esternon	<i>Ra.</i> Radio	
<i>R.</i> Costillas	<i>U.</i> Cúbito	
<i>R'</i> Cartilagos de las costillas	<i>F.</i> Fémur	} de la pierna.
<i>Scp.</i> Omóplato ó escápula.	<i>Tb.</i> Tibia	
<i>Cl.</i> Clavicula ó hueso del cuello.	<i>Fb.</i> Peroné	

FIG. II.

Vista de frente del esternon, *St.*, con los cartilagos de las costillas, *R'*, y parte de las mismas costillas, *R.*

ACABAN DE PUBLICARSE

METODO POR KRÜSL. NUEVO SISTEMA DE DIBUJO, en Tres Series:

SINTÉTICA, cuatro cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

ANALÍTICA, seis cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

PERSPECTIVA, cuatro cuadernos con muestras.

Manual del Maestro.

Importante.—Las instrucciones contenidas en los Manuales del Maestro no pueden ser mas completas, pues abrazan cursos de Dibujo analítico, geométrico y de perspectiva; ni mas claras, pues que, por medio de ellas, aun los profesores que no posean el arte de dibujar, podrán enseñarlo con el mejor éxito.

EVANGELIO PARA LOS NIÑOS (EL), arreglado al Castellano segun el Espiritu de los Evangelistas, por el Doctor D. ANGEL TERRADILLOS, catedrático de la Universidad Central y Abogado del I. C. de Madrid. Obra aprobada por el Consejo de Instrucción Pública de España en la Lista de Obras de Texto.

LA INFANCIA. Por DELAPALME. Libro de Lectura, corregido y aumentado de acuerdo con el Reglamento y Programa de Escuelas de la Provincia de Buenos Aires.

MANUAL DE ENSEÑANZA OBJETIVA. Por N. A. CALKINS.

MAPA MUDO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. (Vendese por separado ó con la coleccion de Mapas Mudos, de Cornell.)

MAPA MUDO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (Clave especial del), para uso del Profesor.

WIEDEMANN. LIBRO PRIMERO DE ARITMÉTICA PARA NIÑOS.

CARTILLAS CIENTÍFICAS.

NOCIONES DE FÍSICA. Por BALFOUR STEWART, F. R. S.

NOCIONES DE GEOLOGÍA. Por A. GEIKIE, F. R. S.

NOCIONES DE ECONOMÍA POLÍTICA. Por W. S. JEVONS.

NOCIONES DE FISIOLOGÍA. Por el Dr. M. FOSTER, F. R. S.

NOCIONES DE ASTRONOMÍA. Por J. NORMAN LOCKYER, F. R. S.

NOCIONES DE QUÍMICA. Por H. E. ROSCOE, F. R. S.

NOCIONES DE GEOGRAFÍA FÍSICA. Por A. GEIKIE, F. R. S.

EN PRENSA

NOCIONES DE BOTÁNICA. Por el Dr. J. D. HOOKER.

CARTILLAS HISTÓRICAS.

NOCIONES DE HISTORIA DE EUROPA. Por E. A. FREEMAN.

NOCIONES DE HISTORIA DE GRECIA. Por C. A. PYFIE.

NOCIONES DE HISTORIA DE ROMA. Por M. CREIGHTON.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES ROMANAS. Por A. S. WILKINS.

NOCIONES DE ANTIGÜEDADES GRIEGAS. Por J. H. MAHAFFY.

D. APPLETON Y CÍA., LIBREROS-EDITORES,

549 BROADWAY 551, NUEVA YORK.