

## CAPÍTULO VI

## LA ACCION DEL AIRE EN LA VIDA TERRESTRE

## RESPIRACION Y ALIMENTACION DE LAS PLANTAS, DE LOS ANIMALES Y DE LOS HOMBRES

Puesto que ya conocemos el volúmen, peso y naturaleza de la Atmósfera terrestre, será oportuno que describamos á grandes rasgos la accion permanente de este vivificante fluido en la superficie de nuestro planeta, y que demos una cuenta tan exacta como sea posible del modo cómo se efectúa esta obra en los cuerpos vivientes.

La constitucion orgánica de la Tierra está hecha por el aire y para el aire. Desde el más humilde al mas elevado, todos respiran, todos renuevan sus tejidos por la respiracion, y por la alimentacion, que no es en realidad sino una especie de respiracion. El aire baña, llena, compone todas las cosas. La yerba de los campos, el árbol de las selvas, la fruta del peral ó del naranjo, el melocoton ó la almendra, el grano de trigo ó el racimo de uvas, son otros tantos frutos del aire. El animal no es en sí mas que aire organizado, y el hombre, un alma *vestida de aire* mas ó menos condensado, mas ó menos agradablemente dispuesto por la fuerza vital, segun la forma del tipo humano terrestre.

El alma de la planta, la del animal y la del hombre se fabrican su organismo planetario en virtud del centro ambiente. Allí hace brotar una hoja á la luz para absorber y fijar con avidéz el ácido carbónico del aire. Aquí abre y cierra los pulmones destinados

á extraer el oxígeno del mismo centro aéreo en que estamos embebidos. Allá dirige una raíz anhelante hácia el jugo terrestre que mas conviene á su especie: acá nos induce á escoger este alimento, á desechar aquel otro, manteniendo de este modo en cada sér, y sin el menor descuido, el organismo que ella misma se ha formado.

Consideremos por un instante este sostenimiento de la vida vegetal, animal y humana, y puesto que nuestra propia individualidad nos interesa generalmente mas que las otras producciones de la naturaleza, veamos ante todo de qué vive el hombre.

La alimentacion es múltiple en apariencia, pero se resume en definitiva para todos en elementos análogos á los de la respiracion.

El indigena de la América del sur, constantemente dedicado á cazar á caballo en su corcel salvaje, consume de diez á doce libras de carne diarias, siendo para él una verdadera golosina la raja de calabaza que tal vez le ofrecen en una hacienda; en cuanto á la palabra *pan*, no existe en su vocabulario. El indiferente irlandés, cansado de sus faenas diarias, se regala con sus patatas, amenizando su frugal comida con chistes y bromas de todo género. La carne es una cosa extraña para él, considerándose muy dichoso el que ha podido proporcionarse cua-

tro veces al año un arenque para sazonar sus patatas. El cazador de las praderas, que derriba el bisonte de un golpe certero, saborea con delicia la lupia succulenta y entreverada que asa entre dos piedras candentes; mientras que el industrioso chino lleva al mercado sus ratas cebadas cuidadosamente y sus nidos de salánganas, seguro de hallar entre los gastrónomos de Pekin compradores generosos, y mientras que el groenlandés, metido en su ahumada choza y casi sepultado bajo la nieve y el hielo, devora la manteca cruda que acaba de sacar de los costados de una ballena encallada en sus costas. Aquí el esclavo negro masca la caña de azúcar y come sus bananas; allí el mercader africano vacía su saco de dátiles, único alimento con que cuenta para atravesar el desierto; mas allá el siamés se llena el estómago de una enorme cantidad de arroz, que haría retroceder al europeo mas voraz; en una palabra, sea cualquiera el punto de la tierra habitada donde pidamos hospitalidad, nos ofrecerán un alimento diferente en todas partes; nos darán «el pan cotidiano» bajo las mas variadas formas.

Sin embargo, pregunta Schleiden, ¿por ventura es el hombre un sér tan acomodaticio, que puede construirse con las materias mas heterogéneas la habitacion corporal de su alma, ó es que todas estas diferentes especies de alimentos no contienen sino uno solo, ó á lo más, un pequeño número de elementos similares que constituyen el alimento del hombre? Esta última hipótesis es la verdadera.

Todo cuanto nos rodea está constituido por un corto número de elementos simples descubiertos sucesivamente por la química. Hay entre ellos cuatro, sobre todo, que entran en la composicion de todo sér organizado existente sobre la tierra: el nitrógeno y el oxígeno son los mas importantes del aire atmosférico; el oxígeno y el hidrógeno forman el agua por su combinacion; el carbono y el oxígeno producen el ácido carbónico, y finalmente, el nitrógeno y el hidrógeno

se reunen para componer el amoniaco. Estos cuatro elementos, ó sea el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, son los que, merced á sus diversas combinaciones, forman las sustancias de que se componen las plantas y los animales.

Reuniéndose en varias proporciones estos cuatro cuerpos, constituyen una infinidad de sustancias orgánicas que se podrian clasificar en dos séries distintas. La una comprende los cuerpos compuestos de los cuatro elementos reunidos, como son la albúmina, la fibrina, la caseina y la gelatina. Todo el cuerpo animal se halla tejido de estas materias, y cuando se separan de él, ó cuando la vida las abandona, se descomponen en poco tiempo, dando agua, amoniaco y ácido carbónico que se difunden por el aire. La segunda série contiene, al contrario, sustancias privadas de nitrógeno, á saber: la goma, el azúcar, el almidon, los líquidos que proceden de ellos, como el alcohol, el vino, la manteca, y por último, los cuerpos grasos. Estos pasan por el cuerpo animal de tal suerte que el oxígeno aspirado durante la respiracion consume su carbono y su hidrógeno, los cuales se exhalan en seguida en forma de gas ácido carbónico y de agua.

Los mismos átomos de los cuerpos simples pasan en proporciones, así como en combinaciones ó mezclas diferentes, á través de los organismos vegetales y animales. viniendo del aire y volviendo á él. La vida se alimenta de la muerte, y las descomposiciones son nuevos manjares servidos en la mesa siempre completa de la conservacion de la vida terrestre. Con razon puede decir el naturalista que el hombre vive en definitiva del aire por el intermedio de las plantas. Estas absorben en la Atmósfera las sustancias de que se nutren. Ya comamos vegetales ó animales, ó ya respiremos simplemente, no hacemos mas que reemplazar las moléculas de nuestro cuerpo por otras nuevas, que han pertenecido á otros cuerpos, y absorber en definitiva lo que ha sido

desechado por otros, para desechar luego lo que otros recogerán.

El hombre adulto pesa por término medio 70 kilogramos, y deduciendo de este peso la gran cantidad de agua que circula por todas las partes del cuerpo, vienen á quedar unos 18, de los cuales 7 corresponden á los huesos y 11 al resto del cuerpo. Los primeros contienen 66 por 100, y dicho resto 3 por 100 de sustancia terrosa que subsiste despues de la incineracion. Aparte de este polvo, de este fosfato de cal, lo tomamos todo del aire, directa ó indirectamente.

Nuestro alimento consiste en sus tres cuartas partes en aire recogido por la respiracion; en cuanto á la otra cuarta parte, debemos ir á buscar entre alimentos mas sólidos al parecer; pero están compuestos á su vez de los principios constitutivos del aire. Tal es el estado de nuestro planeta. Seguramente que existen otros mundos donde se vive con mas comodidad, sin necesidad de estar sujetos á este trabajo grosero de comer y beber, y á sus desagradables consecuencias; mundos en que el aire, algo mas nutritivo que el nuestro, basta para la alimentacion; pero en cambio, existen indudablemente otros que no poseen esta Atmósfera que nos suministra las tres cuartas partes de nuestra nutricion, sin darnos cuenta de ello, y cuyos habitantes están obligados á ganar con su trabajo sus desayunos de oxígeno ó de cualquier otro gas.

En suma, el aire trasparente se compone de los mismos principios que se hallan en mayor abundancia en la corteza opaca y sólida de nuestro globo, encontrándose asimismo en él los cuatro elementos principales de todo organismo vegetal ó animal, el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno y el carbono: los dos primeros como elementos constitutivos del aire; el tercero mezclado con el oxígeno en forma de vapor de agua, y el cuarto, mezclado con el hálito exhalado por los animales y con los muchos gases

que proceden de la descomposicion de las plantas.

Si, pues, reconocemos en los principios de la alimentacion el predominio del oxígeno, del agua y del nitrógeno en diferentes combinaciones, nos será infinitamente mas fácil comprobar ahora en la respiracion el trabajo constante y único de la Atmósfera.

Pasemos á examinar esta gran mision del aire en la vida.

El sistema sanguíneo desarrollado en nuestro cuerpo, se divide principalmente en dos especies de conductos; las *arterias*, por las cuales pasa la sangre desde el corazon á todos los órganos, y las *venas*, por las cuales vuelve al corazon. Designase con el nombre de *circulacion* la marcha de la sangre al recorrer el cuerpo entero, volviendo luego al corazon, su punto de partida.

El corazon es un órgano hueco y muscular, de forma cónica, y del grueso del puño en el adulto. Está dividido por un tabique muscular en dos mitades casi iguales, adosadas una á otra, y subdivididas, en su respectiva altura, en dos cavidades cada una, siendo la superior la aurícula, y la inferior el ventrículo. Las aurículas deben su nombre á un apéndice aplanado que cae sobre su cara externa. La aurícula derecha (C) comunica con el ventrículo derecho (A), y la izquierda (D) con el izquierdo (B). No existe comunicacion entre los dos ventrículos.

En el corazon, agente principal de la circulacion, se efectúan ciertos movimientos que no están subordinados á la voluntad, pero si sometidos continuamente á las impresiones morales y á las sensaciones, como cualquiera habrá experimentado en sí mismo mas de una vez. Estos movimientos consisten en la contraccion y expansion alternativas de las paredes del corazon. Los ventrículos se contraen simultáneamente, y á su contraccion sucede despues un periodo de aflojamiento ó expansion, durante el cual las aurículas se contraen á su vez para dilatarse á la siguiente contraccion de los ventrículos. Durante la dilatacion, la

sangre afluye á las cavidades del corazon, siendo expulsada de ellas por la contraccion; la de las aurículas la hace pasar á los ventrículos, y la de estos á las arterias.

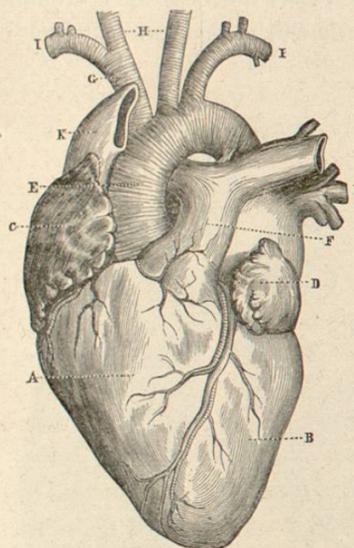


Fig. 28.—CORAZON DEL HOMBRE

Esta alternativa es la que constituye el ritmo del corazon y los latidos que á intervalos regulares deja oír y percibir á través de las paredes del pecho. Veamos ahora cómo tiene lugar la circulacion arterial.

La contraccion del ventrículo izquierdo (B) inyecta la sangre en la arteria aorta, y desde esta en todas las arterias, por las que circula bajo la triple accion de la contraccion ventricular, de la elasticidad y de la retractividad de las paredes arteriales. En los vasos de cierto calibre, su movimiento es ritmico como el del corazon; si se pone el dedo sobre el trayecto de una arteria, se percibe el choque de la sangre, el pulso. A medida que la sangre avanza por las ramificaciones arteriales, fluye por un movimiento continuo y sin sacudida, trasmite á los tejidos los principios de que se compone, y los entrega á la asimilacion para recoger en cambio las moléculas no asimiladas que deben ser expelidas del organismo ó sometidas á nueva elaboracion. La sangre, verdadero fluido vital y nutritivo, lleva á

los órganos la vida, el calor y los elementos de la nutricion.

A su entrada en la aorta, y durante su marcha por el sistema arterial, era de un rojo brillante; ahora su color es oscuro; la sangre roja se ha convertido en negra. Privada de una parte de sus principios constitutivos, vuelve á través del sistema venoso á sacar otros nuevos de su origen en el pecho, en dónde los elementos de la nutricion deben reemplazar á los que momentos antes pasaron á la asimilacion. Reconstituida parcialmente de este modo, la sangre se introduce por la vena cava (K) en la aurícula derecha (C), y contrayéndose esta, la expulsa al ventrículo derecho (A).

Tenemos ya la sangre en el corazon; mas, aunque enriquecida con los productos asimilables, está incompleta, y debe sufrir una trasformacion para volver á ser completa, al mismo tiempo que la combustion de una parte de sus principios habrá de producir



Fig. 29.—TRAYECTO FICTICIO DE LA SANGRE

el calor que distribuirá en breve por el organismo. Esta elaboracion se efectúa en los pulmones.

El ventrículo derecho se contrae, la columna ú oleada de sangre venosa pasa á la arteria pulmonar (F), atraviesa los pulmones y se trasforma en sangre arterial. Los glóbulos rojo-oscuros de la venosa adquieren, al contacto del oxígeno, un color encar-

nado brillante; se cargan de calórico desprendido por la combustión del carbono, y revivificada así, penetra en la aurícula izquierda que la transmite inmediatamente al ventrículo, donde termina su trayecto circular para empezarle de nuevo.

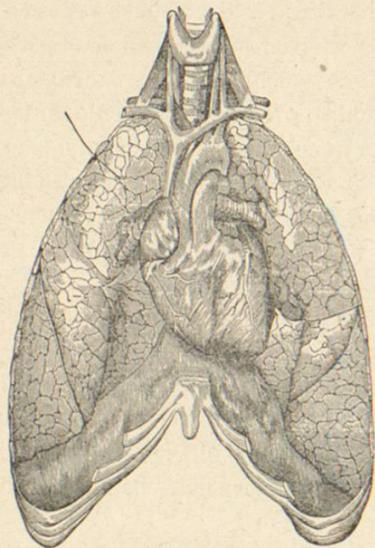


Fig. 30.—CORAZON Y PULMONES DEL HOMBRE

circulación pulmonar ó pequeña circulación; el inferior, la general ó gran circulación. La sangre venosa negra (*v*) se vuelve roja en la circulación pulmonar, y empezando de nuevo su curso en *a*, da lugar á la sangre arterial.

Los pulmones, como su nombre lo indica (pneumon, de *pneo*, respiro), forman el órgano esencial de la respiración. Son en número de dos, pero reciben el aire por un mismo canal y la sangre por un solo vaso, debiendo considerárseles como la expansión terminal de las ramificaciones de la traquearteria (A, figs. 30 y 31), ó, si se quiere, como las dos cabezas de un mismo árbol. Colocados en el pecho, cuya mayor parte ocupan y que viene á servirles de molde, tienen la figura de dos conos irregulares, cuyas bases descansan en el diafragma.

Los pulmones reciben el aire por la la-

Por consiguiente, dice el doctor Le Pileur, la circulación puede dividirse en dos periodos simultáneos; el círculo ficticio recorrido por la sangre se compone de dos segmentos desiguales que describe la columna líquida (fig. 29); el segmento superior es la

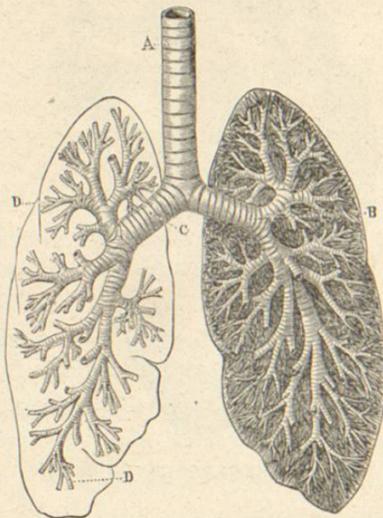


Fig. 31.—RAMIFICACIONES DE LOS BRONQUIOS (A, tráquearteria; B y C, brónquios; D, D, ramúsculos bronquiales)

ringe, la traquearteria y los brónquios. La laringe, órgano de la voz, se continúa por su orificio inferior con la traquearteria. Esta se divide en dos conductos llamados *brónquios*, los cuales, al llegar á la raíz de los pulmones, dan origen á ramificaciones numerosas, que continúan subdividiéndose, y terminan por las células pulmonares, cuya aglomeración en forma de racimos constituye los lóbulos del pulmón.

La respiración es una función caracterizada por la introducción del oxígeno del aire en la sangre, y la expulsión en forma gaseosa de una parte de los materiales inútiles ó nocivos para el organismo. Se divide en dos tiempos: la *inspiración*, durante la cual el aire atmosférico penetra en las vesículas pulmonares, y la *expiración*, que expulsa de los pulmones este aire modificado. Se pueden comparar los pulmones á

un tejido fino, cuyo desarrollo fuera 120 veces mayor que la superficie del cuerpo entero, replegada en si misma, y con 40 ó 50 millones de agujeritos. Estos poros son lo suficientemente pequeños para no dejar filtrar la sangre, y bastante grandes para que el aire penetre por ellos. Cuando el oxígeno del aire los atraviesa para combinarse con la sangre, esta se regenera mer-

ced á su contacto, y deja que sus moléculas inútiles se mezclen con el aire, que se las lleva consigo en la expiración. Como se vé, esto no es mas que un cambio de gases entre el aire y la sangre, en que el primero trasmite á la segunda el oxígeno, recibiendo por su parte otros fluidos gaseosos, entre los cuales domina el ácido carbónico. Este último gas, que existe con exceso en la

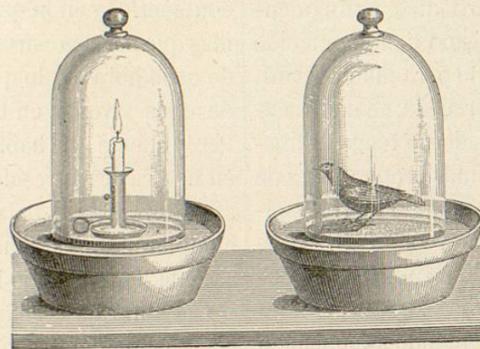


Fig. 32.—RESPIRACION Y COMBUSTION

sangre venosa, se exhala al exterior, mientras que el oxígeno del aire da nueva vida á la sangre conducida al corazón por las venas.

Así pues, por una parte el oxígeno atmosférico quema carbono en el pulmón, y por otra parte, este exhala ácido carbónico, nitrógeno y vapor de agua. El oxígeno combinado con la sangre durante la respiración se va separando poco á poco de ella en los vasos capilares de todo el cuerpo, para dar lugar á numerosos productos, entre otros, ácido carbónico. La sangre contenía al salir del corazón y en las arterias 24 centímetros cúbicos por 1,000 de oxígeno; en las venas no contiene mas que 11. En cuanto al nitrógeno y al vapor de agua, el uno se desprende y el otro se produce durante el mismo trabajo de la nutrición, recogidos á los dos el organismo en los principios que la digestión y la respiración introducen en él.

Pero el hombre no respira por los pulmones únicamente, sino también por la

piel, acribillada de diminutos orificios, por los cuales se efectúa sin cesar la expiración y la inspiración, siendo la respiración cutánea tan importante como la pulmonar.

Lavoisier, que, según hemos visto, fué el primero en analizar la sangre, lo ha sido también en demostrar la absorción del oxígeno en la respiración, y en probar, merced á varios experimentos, la analogía que existe entre las funciones respiratorias y la combustión.

« La respiración, dice, no es mas que una combustión lenta de carbono y de oxígeno, semejante en todo á la que se efectúa en una lámpara. Lo mismo en la primera que en la segunda, el aire es el que comunica el oxígeno... Pero como lo que proporciona el combustible á la respiración es la sustancia misma del animal, si estos no repusieran habitualmente con los alimentos lo que pierden por la respiración, en breve faltaría el aceite á la lámpara, y el animal se extinguiría como se extingue la luz cuando carece de alimento.»

La mayor parte de los fisiólogos han admitido la teoría de Lavoisier, y consideran la respiracion como una combustion lenta de los materiales de la sangre por el oxígeno del aire ambiente, y como el origen del calor animal.

Una bugía, por una parte, y un animalillo, por otra, colocados cada cual debajo de una campana de cristal, efectúan la misma operacion. Una y otro gastan el oxígeno para producir ácido carbónico, extinguiéndose y muriendo al mismo tiempo, cuando no hay bastante oxígeno para mantenerlos.

En vista de lo que precede, se comprenderá que el aire exhalado no tenga el mismo volumen ni las mismas proporciones de elementos constitutivos que el aire inspirado. En efecto, el hombre adulto absorbe por la respiracion de 20 á 25 litros, es decir, de 29 á 36 gramos de oxígeno por hora ó 500 litros por dia. Calculando la poblacion del globo en mil millones de almas, resulta que la humanidad quita diariamente á la Atmósfera 500,000 millones de litros, ó 500 millones de metros cúbicos de oxígeno!

El hombre exhala 20 litros ó 41 gramos de ácido carbónico por hora, 480 litros por dia ó cerca de 1 kilogramo. Por consiguiente, la raza humana da en un dia á la Atmósfera 480 millones de metros cúbicos ó 1,000 millones de kilogramos de ácido carbónico!

La ciudad de París exhala por sí sola 4.500,000 metros cúbicos de ácido carbónico por dia, correspondiendo 1.000,000 á la poblacion y á los animales, y los 3.500,000 restantes á las diferentes combustiones.

Además, la expiracion humana emite cada hora, juntamente con una pequeña cantidad de nitrógeno (un céntimo del oxígeno absorbido) 630 gramos de agua en forma de vapor, ó mas de 15 kilogramos por dia, de donde resulta que diariamente se escapan de los lábios de la humanidad 15,000 millones de kilogramos de agua!

Por último, como cada individuo introduce diariamente en sus pulmones unos 10 metros cúbicos de aire, siguese de aquí que

cada dia atraviesan 10,000 millones de metros cúbicos de aire los pulmones insaciabiles de los hijos de Adan y las hijas de Eva.

No es, pues, extraño que sobrevengan los accidentes mas graves á los individuos metidos en un recinto cerrado donde el aire no puede renovarse. En el siglo último, durante la guerra de los ingleses en la India, encerráronse ciento cuarenta y seis prisioneros en una habitacion que apenas podia contenerlos y en la que el aire no penetraba mas que por dos estrechas ventanas: al cabo de ocho horas, solo quedaban veinte y tres de ellos vivos y en un estado deplorable. Percy cuenta que habiendo sido encerrados en una caverna trescientos prisioneros rusos despues de la batalla de Austerlitz, sucumbieron en algunas horas doscientos sesenta por efecto de la asfixia.

Las atmósferas asfixiantes á causa de la combustion del carbon, deben sus propiedades deletéreas, no al ácido carbónico, sino á una débil proporcion de óxido de carbonó. Este gas es el que produce verdaderamente la asfixia al quemarse el carbon, si no hay aparatos de ventilacion á propósito para expulsar los gases quemados. La influencia tóxica del óxido de carbonó está demostrada por la muerte casi inmediata de los animales de sangre caliente rodeados de un aire al que se haya agregado 1 por 100 en volumen de dicho gas puro.

Analizando en varios recintos habitados el aire viciado por la respiracion, se han obtenido resultados interesantes, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

ÁCIDO CARBÓNICO (en peso)

Pabellon del cuartel de la escuela militar de París, donde pasaban la noche once soldados, con las puertas y ventanas cerradas y tapadas sus rendijas. . . . . 19 milésimas.

Id. con las puertas y ventanas cerradas, pero

ÁCIDO CARBÓNICO (en peso)

sin estar tapadas las rendijas. . . . . 11 milésimas.  
Anfiteatro de química no ventilado, despues de la permanencia de 900 personas por espacio de hora y media próximamente. . . . . 10 milésimas.  
Salas de hospital no ventiladas y llenas de enfermos (al terminar la noche). . . . . 8 milésimas.  
Sala de escuela primaria con ventilacion imperfecta. . . . . 47 diez-milésimas.  
Teatro al terminar la representacion (platea).. 43 diez-milésimas.  
Aire recogido en la chimenea central de la Cámara de los diputados, en París, al terminar una sesion. . . . . 25 diez-milésimas.  
Alcoba ventilada (al terminar la noche) . . . 5 diez-milésimas.

La combustion del carbon ó de las materias combustibles destinadas al alumbrado es otra de las causas de la alteracion del aire. Una vela esteárica, que queme 10 gramos de materia combustible por hora, consume unos 20 litros de oxígeno y produce casi 15 de ácido carbónico. Un mechero de gas de carbon de piedra que dé paso á 140 litros de gas por hora (como los de los faroles del alumbrado público de París) consume unos 230 litros de oxígeno y produce 112 de ácido carbónico.

Tal es la obra química del aire en la vida. Ocupémonos ahora un momento de su obra mecánica.

El corazon de un adulto en estado de reposo late generalmente sesenta veces por minuto, en cuyo espacio de tiempo se efectúa la respiracion unas diez y ocho veces, aunque en los niños es mas frecuente. Sábese que la respiracion, así como los latidos del corazon, son mas activos bajo la influen-

cia de toda causa de excitacion física ó moral, y mas lentos cuando nos dedicamos atentamente á un trabajo difícil.

Aunque todo el mundo respira, no todos saben respirar bien, y sin embargo, esta es la funcion mas importante de la vida, la que se efectúa mientras se trabaja, mientras se anda y mientras se duerme. Es una cosa maravillosa, si se considera atentamente, esa facultad de poder combinar la emision de la voz, durante un largo discurso, con la respiracion. Una inspiracion fácil y sin esfuerzo permite prolongar por espacio de mucho tiempo, sin fatiga, los ejercicios del canto, lo mismo que los de la gimnasia. Por el contrario, las personas que respiran, sobre todo por medio de la elevacion de las costillas superiores, se cansan y sofocan rápidamente, lo cual se observa en las mujeres, cuando el corsé les comprime la base del pecho.

Calcúlase que en el hombre de treinta y cinco á cuarenta años, la capacidad de los pulmones admite unos 3 litros 70 centilitros de aire; antes de dicha edad admite menos, y hácia los sesenta años no llega á 3. En la mujer es mas débil, variando por lo demás, segun las personas.

La presion atmosférica influye tambien en la frecuencia de los latidos del corazon, pero solamente en ciertas condiciones. Si una persona sube rápidamente á una torre elevada, advierte en el pulso un aumento de frecuencia muy sensible. En las ascensiones aerostáticas y en los viajes por las montañas tenemos una prueba de ello. Cuando aumenta la presion atmosférica, disminuye el pulso, habiéndose observado que bajaba á 50 y aun á 45 pulsaciones en algunos individuos colocados en un aparato de aire comprimido, cuya presion excedia algo de 2 atmósferas.

Cuando las funciones mas importantes de la naturaleza son permanentes suelen pasarnos desapercibidas. En este caso se halla la respiracion. Desde el primer minuto que siguió á nuestra venida al mundo, respira-