

este obstáculo y se observa una especie de alivio por la sensación de estar vencido este último obstáculo. Una espiración amplia y larga termina este acto fisiológico.

Mientras dura el bostezo, es poco clara la percepción de los sonidos, porque el aire que ha penetrado en la garganta, entra también en la caja del tambor y agita la membrana del tímpano en sentido contrario de las vibraciones que producen la audición.

Un bienestar notable sucede á la opresión que se experimentaba ántes del bostezo.

Sin duda el recuerdo del alivio que hemos sentido de esta manera, hace que el bostezo sea como contagioso, es decir, que nos lleva involuntariamente á imitar ó repetir este acto cuando otra persona lo verifica delante de nosotros. Entrad en un coche de tranvía ó de ferrocarril á una hora algo matutinal y haced un bostezo profundo, pronto vereis como todas las personas que haya en el coche abren anchamente la boca y bostezan á porfía. Es una diversion muy conocida de los que gustan divertirse á expensas del prójimo.

El *estornudo* es una espiración violenta en la cual el aire, saliendo del pecho con rapidez, va á chocar contra las paredes internas de las fosas nasales, lo cual ocasiona un ruido muy fuerte. Esta espiración violenta, debida principalmente á una contracción convulsiva del diafragma, es provocada por una irritación de la membrana mucosa de las fosas nasales.

La *tos* es igualmente una espiración fuerte y convulsiva producida por la contracción del diafragma y por una irritación de la mucosa de los brónquios ó de la tráquea. Aquí las espiraciones son cortas y aproximadas.

El paso violento y rápido del aire á través de los brónquios y de la tráquea determina la expulsión de las mucosidades segregadas por la membrana mucosa de estos dos conductos, es decir, de los *esputos*, que no son otra cosa que los productos de la secreción de los brónquios y de la tráquea, secreción que aumenta mucho durante la inflamación de estas partes.

Lo que prueba que la tos es determinada por una contracción del diafragma provocada por la irritación de las vías aéreas, es el cansancio extremado que la tos acaba por producir en la región diafragmática y en las paredes del vientre durante la bronquitis.

La *risa* es una sucesión de inspiraciones y espiraciones muy cortas y muy aproximadas.

El *hipo* es una inspiración seguida de una espiración, ambas sumamente rápidas, durante las cuales la laringe está en parte cerrada por una contracción espasmódica de la glótis, es decir, de la abertura de los labios de aquella cavi-

dad. El aire es atraído rápidamente á la laringe, mas penetrando en la misma con dificultad, produce, al principio una especie de silbido; luego, expulsado por una espiración violenta, choca con fuerza contra los labios de la glótis. De ahí el ruido seco y particular que constituye el hipo.

El *sollozo* es un acto de la misma índole, es decir, operado por el mismo mecanismo fisiológico, la contracción convulsiva del diafragma y la resonación de los bordes de la glótis.

La espiración sirve también para la *fonación*, es decir, la formación de la voz. En uno de los capítulos siguientes de esta obra tendremos que tratar detalladamente de la producción de los sonidos y de las diferentes modificaciones de la voz humana.

FENÓMENOS QUÍMICOS DE LA RESPIRACION.

Hasta ahora hemos analizado los fenómenos *mecánicos* de la respiración, es decir, hemos explicado cómo se respira. Mas ¿qué sucede cuando se respira? En otros términos, ¿cuáles son los fenómenos íntimos que se verifican entre la sangre y el aire atmosférico? Los fenómenos *químicos* de la respiración deben ocuparnos ahora.

Los fenómenos químicos que se efectúan durante el acto respiratorio consisten esencialmente en la absorción de una pequeña cantidad de oxígeno atmosférico y en la exhalación de una cantidad casi igual de gas ácido carbónico.

Es fácil convencerse por el experimento, que los fenómenos químicos de la respiración, considerados en todos los seres de la serie animal, se reducen á la absorción y al desprendimiento de los dos gases ántes mencionados.

Recoged en agua de cal, por medio de un tubo, el aire que, despues de haber servido á la respiración, se escapa de los pulmones de un hombre, y vereis como se produce un precipitado abundante de carbonato de cal.

Es un experimento que aconsejamos á nuestros lectores hagan por sí mismos. Para demostrar la presencia del ácido carbónico en el aire que sale de los pulmones, basta procurarse una poca agua de cal, de una botica, en una vasija cualquiera de vidrio, y soplar adentro por medio de un tubo cualquiera de vidrio, porcelana, goma, cañon de pluma, etc. Al cabo de dos ó tres minutos se verá como el agua de cal se enturbia y se llena de un polvo blanco. Dejad el líquido en reposo; la materia que enturbia la transparencia del agua, se depositará y podreis, por simple decantación, separarla del líquido que sobrenada. Ese polvo es carbonato de cal que resulta de la combinación de la cal que estaba

disuelta en el agua con el ácido carbónico exhalado de vuestros pulmones. En efecto; si echais sobre este depósito blanco unas cuantas gotas de un ácido mineral ó sencillamente de vinagre de mesa, que es ácido acético diluido, vereis producirse una efervescencia viva como desprendimiento de un gas. Este gas es el ácido carbónico. El ácido acético ha desalojado al ácido carbónico del carbonato de cal para formar acetato de cal, y el ácido carbónico se ha des-

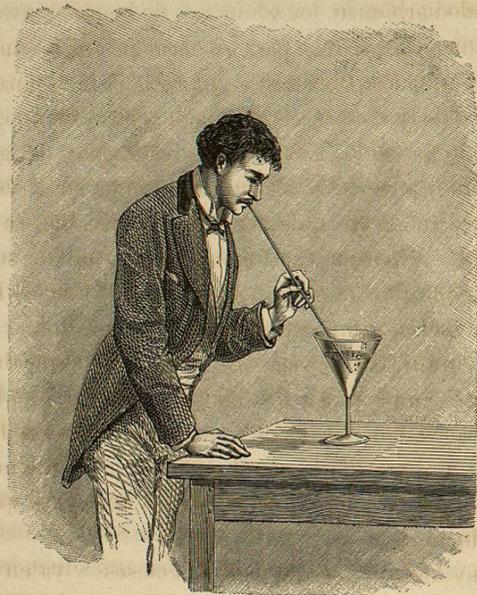


FIG. 44. — PRUEBA DE LA EXISTENCIA DEL ÁCIDO CARBÓNICO EN LOS GASES QUE SALEN DEL PULMON POR LA EXPIRACION.

prendido en forma de gas, produciendo la efervescencia que se ha observado.

Por este experimento muy sencillo (fig. 44), que cada lector puede repetir para su diversion, se pone de manifiesto la presencia del ácido carbónico entre los gases que se escapan del pulmon humano durante la espiracion.

Encerrad bajo una campana llena de aire un pájaro ó cualquier otro animal vertebrado, y pronto vereis que el aire en el cual el pájaro ha permanecido,

precipita el agua de cal á causa de la presencia del ácido carbónico en los productos de su espiracion.

Siendo la respiracion de los peces lentísima, se requiere un tiempo bastante largo para obtener el mismo resultado, y algunas precauciones, en virtud del medio en que viven.

Los moluscos, v. g. los caracoles; los animales articulados, v. g. los insectos, colocados en las mismas condiciones, producen el mismo fenómeno. Al cabo de veinticuatro horas de permanencia de uno de estos animales en un espacio de aire limitado, se conoce, por medio del agua de cal, que este aire se ha cargado de ácido carbónico.

El mismo fenómeno se produce para los gérmenes de los animales tan pronto como se hallan fecundados. Encerrad en una vasija bien tapada, huevos de gallina bien fecundados, y conoceréis al cabo de cierto tiempo, que el aire de la vasija se ha cargado de ácido carbónico. La respiracion del germen se efectúa en el huevo porque la *cicatricula* que representa en la yema del huevo el primer punto que debe servir al desarrollo del individuo, se halla en la parte superior de la yema y porque esta misma, en virtud de su ligereza específica, sobrenada siempre en la clara ó albúmina del huevo. La cicatricula, en inmediata contigüidad con la envoltura calcárea del huevo, recibe la accion del aire atmosférico á través de esta cáscara que es permeable para los gases.

El aire puede aún impresionar los huevos depositados en los órganos de los animales ovovivíparos. Los huevos de las serpientes contenidos en el oviducto, comunican con el aire porque la membrana que los contiene está en relacion inmediata con la larga cavidad pulmonal de estos animales, que permite el paso del aire á través de sus poros.

Así el hombre y los animales de todas las clases, y ya en los primeros momentos de su existencia, respiran, produciendo ácido carbónico y absorbiendo oxígeno.

El vegetal respira como el animal, es decir, quema oxígeno y desprende ácido carbónico. Así todas las partes de las plantas que no son verdes, y más especialmente las flores, absorben oxígeno y desprenden ácido carbónico, examínense á la luz solar ó á la sombra. Cuando las flores son muy desarrolladas, como las de la familia de las *aróideas*, por cuyo tipo puede tomarse el yaro comun, se nota al mismo tiempo un desprendimiento muy apreciable de calor.

Un fruto maduro, adherido al árbol ó separado del mismo, absorbe el oxígeno del aire y desprende ácido carbónico.

Cuando germinan bajo la influencia del agua y del aire, las semillas desprenden ácido carbónico como los frutos.

Los bulbos feculentos, como las patatas, las batatas, los órquides, cuando llegan á germinar, producen igualmente ácido carbónico.

Decimos todas las partes de las plantas que no son verdes. Efectivamente, las partes verdes de las plantas, las que contienen el producto verde, que los químicos llaman *clorofila* (principio colorante de las hojas), tienen una respiración cuyos productos son diferentes según que se opere en el sol ó en la oscuridad, ó aún en la sombra. En la oscuridad las partes verdes respiran como los embriones, los frutos, las flores, las semillas, es decir, absorben oxígeno y desprenden ácido carbónico.

Mas, al sol y á cielo descubierto, las partes verdes de las plantas obran en sentido contrario, descomponen el ácido carbónico del aire y exhalan gas oxígeno. Este fenómeno es más frecuente de lo que se piensa, porque hay pocas plantas que no tengan alguna parte verde, es decir, clorofila.

Es verdad, pues, que mientras que los animales respiran produciendo constantemente ácido carbónico, los vegetales, en ciertas circunstancias particulares de su vida, respiran despidiendo gas oxígeno.

Sabiendo ahora de una manera general en qué consiste el hecho químico de la respiración de los animales, vamos á penetrar más profundamente en la intimidad del fenómeno procurando sorprender las verdaderas reacciones químicas que determinan en el seno de nuestro organismo la formación del ácido carbónico á expensas del oxígeno del aire inspirado.

La explicación de lo que pasa en la intimidad de nuestros tejidos, entre la sangre y el aire atmosférico durante la respiración, es uno de los descubrimientos más brillantes de la química.

Este descubrimiento se hizo muy pronto después de la fundación de la química por el inmortal Lavoisier, haciendo prever, por un ejemplo brillante, el inmenso porvenir que tendría esta ciencia, á la sazón novísima.

Antes de la existencia de la química, un profundo misterio ocultaba á los fisiólogos la explicación del fenómeno de la respiración. La química sola podía hacer dable descender el velo que ocultaba á todos los ojos este difícil secreto de la naturaleza. Cuando se lee la fisiología de Haller (*Elementa physiologiæ*), queda uno sorprendido al ver los esfuerzos estériles en que el ingenio del autor se consume para adivinar lo que pasa en la respiración. Como la química falta á ese gran hombre, está condenado á ignorar la esencia de la importante función cuyo mecanismo trata de comprender. Encerrado en un círculo que no puede traspasar, se agita infructuosamente para salvar el horizonte estrecho que limita su pensamiento. Vuelve y revuelve la cuestión cien veces, sin encontrar una salida en las dificultades que le rodean. ¿Por qué es necesario el

aire para la vida de todos los animales? ¿Por qué es mortífero para el hombre y los animales el aire que ha sido respirado? ¿Por qué es preciso que la expiración siga á la inspiración? ¿Por qué muere el feto si se le mete en el agua amniótica después de haber respirado el aire por un momento, cuando antes ha vivido en este medio? Haller examina todas las explicaciones, apela á todas las hipótesis, y las rechaza todas porque ninguna satisface su razón.

Mas la química empieza á constituirse, y desde su nacimiento arroja sobre el mecanismo de la respiración una luz que el ingenio de Haller había pedido inútilmente á la ciencia de su época. Todo el mundo sabe que la teoría química de la respiración pertenece á Lavoisier, y que esta teoría fué la aplicación del gran principio descubierto por el mismo Lavoisier, que un desprendimiento de gases acompaña toda combustión ó toda oxidación de los cuerpos minerales ú organizados.

El químico inglés Priestley (*Priestli*) había tenido, antes que Lavoisier, una idea confusa de este fenómeno. Los físicos ingleses Hales, Mayow, Black, etc., habían señalado una analogía sorprendente entre la combustión de los materiales combustibles y la respiración de los animales, mas fué Lavoisier quien, desarrollando estas mismas nociones por una larga serie de trabajos reuniendo demostraciones rigurosas, sacadas de experimentos exactos, mereció ser proclamado, como hoy se hace unánimemente, el primer fundador de la teoría química de la respiración.

Esta teoría de Lavoisier es tan universalmente conocida, que apenas hay necesidad de recordarla. La sangre venosa, decía Lavoisier, es muy rica en hidrógeno y carbono, como parece demostrarlo su coloración negra. El oxígeno del aire quema una parte de ese carbono y de ese hidrógeno. El agua y el ácido carbónico son el resultado de esta oxidación. El calor que es propio á los animales, es la consecuencia de esta combustión interna.

Lavoisier explicaba pues, á la vez, los dos grandes fenómenos de la respiración y del calor animal.

Remontándonos á la época en que esta opinión fué emitida por el ilustre fundador de la química, comprenderemos todo el encanto, toda la seducción que debía ejercer una teoría de tan notable sencillez y de un alcance tan inopinado. Pocos años antes, Lavoisier había descubierto que la verdadera causa de la combustión y del calor que la acompaña, reside en la acción del oxígeno, es decir, en la conversión en agua y ácido carbónico del hidrógeno y carbono de las sustancias orgánicas.

Esta acción que se verifica á expensas de la materia inorganizada, se hallaba pues en los seres vivientes y era también una antorcha profunda ar-