

Agua	989'4
Fibrinógeno	8'0
Seroglobulina	} 24'7
Seroalbúmina	
Materias extractivas	12'7
Sales minerales	6'7

(Gorup-Besanez.)

En la *albuminuria* la serosidad del pericardio puede llegar al 3'5 por 1000; en la *diabetes* contiene también un exceso de azúcar.

Serosidad de las pleuras. — Es apenas sensible en el estado normal, pero en el estado patológico constituye un líquido bastante alcalino; en casi todas las pleuresias agudas, al salir del tórax se convierte en un coágulo fibrinoso, aumentando la fibrina en esta serosidad cuando el enfermo mejora, y disminuyendo hasta hacerse casi nula en el caso contrario. Separada la fibrina, la serosidad de las pleuras contiene las sustancias albuminoides del suero sanguíneo, seroalbúmina y seroglobulina. Estas representan del 3 al 5 por 100 del peso de la serosidad.

Las relaciones entre la seroalbúmina y la seroglobulina varían según los enfermos. El fibrinógeno casi nunca pasa de 0 á 5 por 100, aumentando cuando la inflamación es intensa.

He aquí algunos datos calculados sobre un litro de serosidad en dos enfermos diferentes:

	PLEURESÍAS	
	1.º enfermo	2.º enfermo
Agua	941'94	938'01
Materias orgánicas	50'01	53'84
Fibrina	0'40	1'18
Materias minerales	8' 5	8'15
Densidad del líquido	1'02	1'02

(Mehu.)

Serosidad del peritoneo. — Líquido claro cetrino, no viscoso, no coagulable espontáneamente. En la *ascitis*, varía su densidad desde el 1'005 á 1'024; presenta un color amarillo, verdoso ó rojizo con olor desagradable y reacción alcalina ó neutra.

Evaporado á sequedad deja de 20 á 90 por 1000, y contiene serina, seroglobulina, fibrinógeno y un poco de mucina ó de nuclealbúmina. Las sustancias proteicas constituyen de 0'74 á 4 por 100, siendo más abundantes en los casos de inflamación de la serosa.

Este líquido contiene azúcar y además alantoina, colessterina, ácido úrico, urea, xantina, creatina, glóbulos de grasa, etc. La sal marina mezclada con pequeñas proporciones de bicarbonato, fosfato y lactatos sódicos constituye las materias minerales contenidas en él.

La composición de la serosidad peritoneal, calculada sobre 1000 partes de líquido, en una cirrosis del hígado que produjo la *ascitis*, es la siguiente:

Agua	978'20
Albúmina	11'51
Globulina	0'93
Mucina	1'05
Grasa y colessterina	} 0'14
Materias extractivas	
Sales solubles	} 8'20
— insolubles.	
Densidad	1'012

(Drivon.)

En la serosidad peritoneal de los ascíticos suele encontrarse también fibrinógeno, seroalbúmina, seroglobulina, aumentando los albuminoides cuando hay inflamación, como se ve por los siguientes datos:

	Albuminoides por 100
Hidrohemía y nefritis	0'30 á 0'40
Obstrucción de la vena porta	0'37 á 2'68
Enfermedades del corazón y congestión renal	0'84 á 2'30
Carcinoma del peritoneo	2'71 á 3'51

(Rüneberg.)

En tales casos se han encontrado en los líquidos procedentes del peritoneo las siguientes proporciones de gases:

Ácido carbónico combinado	48'8
— — libre.	95'2
Nitrógeno.	21'40
Oxígeno	0'14

Todo por litro y en centímetros cúbicos.

Serosidad del hidrocele. — Es un líquido algo viscoso, que no se congela nunca espontáneamente, á no ser que contenga sangre y leucocitos, siendo generalmente neutra su reacción. Su densidad es de 1'016 á 1'022, y puede contener de 10 á 60 partes de albúmina y bastante proporción de fibrinógeno. Encuéntranse en este líquido agujas de colessterina, ácido succínico, vestigios de urea, materias colorantes biliares, inosita, pequeñas gotas de grasa ó de pus y hematies deshechos y alterados, cuya materia colorante enturbia el líquido.

A continuación damos los resultados obtenidos por Hammarsten al analizar esta serosidad, calculando sobre 1000 partes:

Agua	938'80
Albúmina	35'94
Globulina	13'52
Fibrinógeno	0'59
Grasas	} 4'02
Colessterina	
Otras materias extractivas	
Sales solubles	} 9'26
— insolubles.	

SECCIÓN CUARTA

FUNCIONES GENERALES

CAPÍTULO XV

Funciones en general.—Respiración.—Condiciones fisiológicas, mecánicas y químicas de esta función.—Método de Regnault y Reiset para determinar la totalidad de gases en los cambios respiratorios.—Composición química de los gases espirados.—Procedimiento de Pettenkoffer y Voit para la dosificación parcial de los gases de la respiración.—Higiene química de la respiración.—Actividad respiratoria.—Modificaciones de la actividad respiratoria según la especie animal.—Influencia de algunos estados morbosos.

BIBLIOGRAFÍA.—A. Gautier: *Chim. biol.*—Wurtz: *Chim. biol.*—M. Arthus: *Chim. Physiol.*—Bouchard: *C. R. Soc. de Biol.*—Richet et Hauriot: *Ann. phys. chim.* T. II.—Boussingault: *Ann. phys. chim.* XXV.

Funciones en general. — En los capítulos anteriores hemos estudiado los materiales que entran en la composición del edificio orgánico, al mismo tiempo que hemos procurado conocer la estructura y disposición de los instrumentos que producen los fenómenos de la vida.

Nos corresponde ahora estudiar otra serie de fenómenos que corresponde á la acción ó ejercicio de aquellos instrumentos, ó sean las funciones por las cuales el animal atiende á la conservación y desarrollo de su propia vida y á la conservación de su especie.

Respiración. — En primer lugar nos ocuparemos de esta función mediante la cual los animales y las plantas se apropian en el seno de la atmósfera, el agua y el oxígeno necesarios para su vida, desprendiéndose, al mismo tiempo, de los principios gaseosos que les son inútiles y resultan del trabajo de sus órganos.

Prescindiremos de la descripción de las etapas que ha recorrido el entendimiento por elaborar la noción clara sobre la respiración, como asimismo hemos de prescindir de las nociones anatómicas del órgano en que se verifican, contentándonos con apuntar algunos datos indispensables para la inteligencia de lo que hemos de decir.

Condiciones fisiológicas, mecánicas y químicas de esta función. — Los lóbulos pulmonares forman una serie de sacos parecidos á los de una glándula en racimo, atravesados por los trabéculos de un tejido conjuntivo mezclado con fibras musculares lisas que lo dividen en vacuolos que comunican entre sí, recubiertos por un epitelio propio, de núcleo y protoplasma especiales.

A través de esta sutil membrana que reviste los vacuolos, se pone el aire en contacto inmediato con la sangre contenida en los capilares, cuyas delicadas ramificaciones tapizan las paredes de las vesículas, y rodean los trabéculos que las forman.

La superficie respiratoria de los pulmones está constituida por 17 á 18.000,000 de estos sáculos elementales, que representan una superficie total de cerca de 200 metros cuadrados.

En los tejidos orgánicos componentes del pulmón se encuentran fibras musculares lisas, cartilago, elastina, glándulas mucosas, mucina, keratina, nucleína, leucina, y todas las materias de la sangre, no encontrándose la glucocola, la taurina, el ácido úrico, la guanina, la inosita ni los fermentos.

Las cenizas del pulmón se componen de fosfatos alcalinos, de cloruro de sodio y de una gran proporción de hierro. Las secreciones de los bronquios dan mucina y residuos epiteliales que son arrojados en los esputos. En las bronquitis se encuentran también glóbulos blancos.

Veamos ahora las cantidades de aire necesarias á la respiración normal y la proporción y naturaleza de los gases espirados:

Para determinar las cantidades de aire inspirado se emplea el método directo, que consiste en lo siguiente:

Considerando una sola inspiración, sea x el volumen de aire que penetra en los pulmones. Admitiendo que la capacidad del conjunto de las vesículas pulmonares sigue siendo la misma después de n inspiraciones y espiraciones, se admite también que el volumen x es el mismo para una inspiración y para una espiración.

Siendo C la cantidad ponderable de ácido carbónico contenido en el volumen total xn de n espiraciones, y si c es la cantidad de ácido carbónico de una espiración; por último si p es el peso de ácido carbónico contenido en el volumen x de aire de una inspiración, resultará:

$$C = x n c - x n p,$$

de donde tendremos,

$$x = \frac{c}{n(c-p)}$$

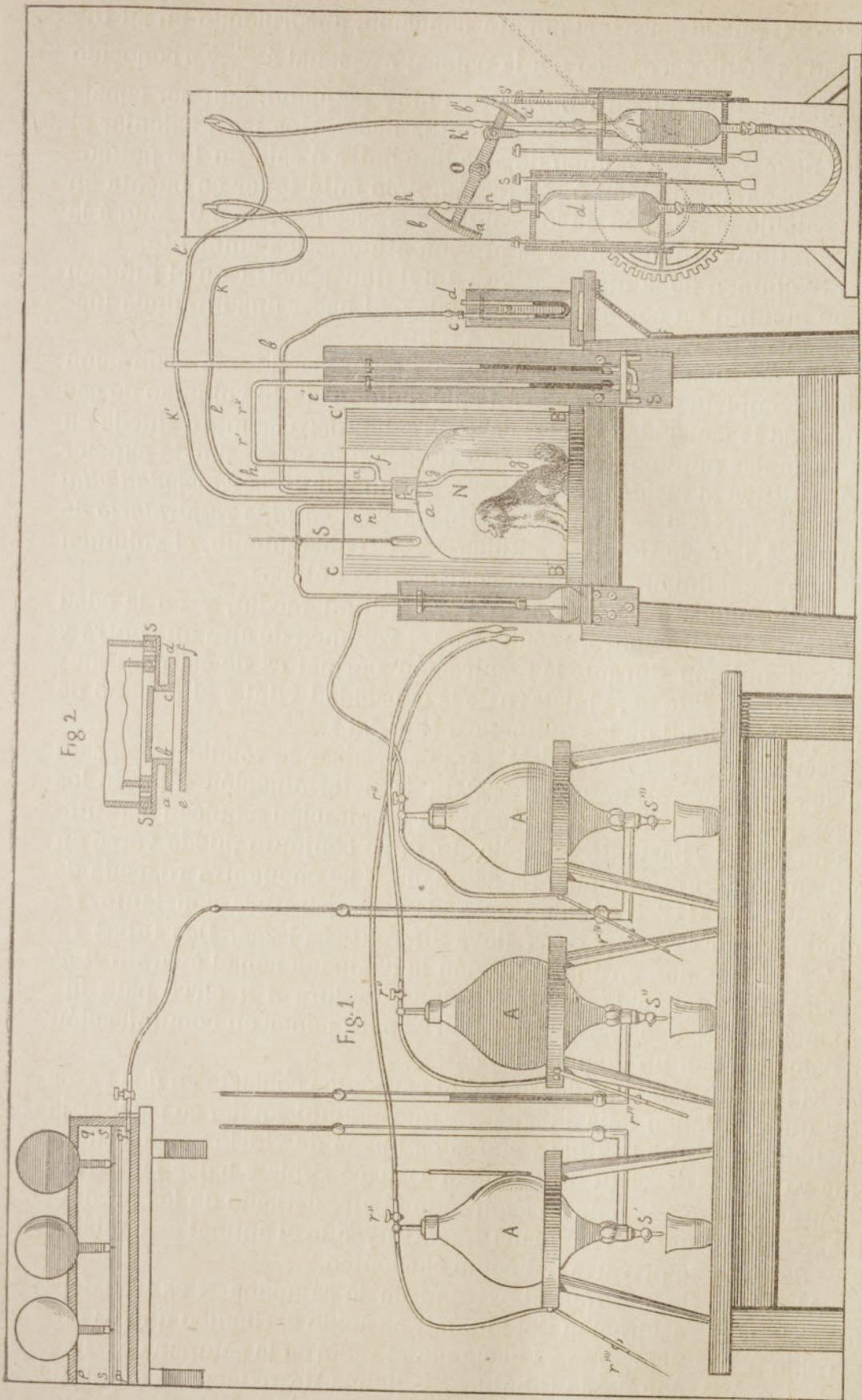


FIG. 78

Aparato de REGNAULT Y REISET para el estudio de la respiración.

Pero C puede ser exactamente conocido, absorbiendo en su totalidad el ácido carbónico por la potasa; c es igual á $\frac{C}{n}$ y p conocido previamente por el aire normal, es muy pequeño. Son por consiguiente conocidos todos los elementos necesarios para calcular el valor de x ó sea el volumen de aire que entra ó sale en los pulmones en cada inspiración ó espiración. Sólo falta tener en cuenta en este cálculo la relación de los volúmenes gaseosos, no á 0° sino á la temperatura del pulmón y á la presión atmosférica ambiente.

El volumen de la masa gaseosa total que penetra en el pulmón de un hombre en condiciones normales, al hacer una profunda inspiración, se eleva próximamente á 5 litros.

Al hacer una inspiración profunda, seguida de una espiración la más completa posible, se arroja del pulmón cierto volumen de gas que mide la capacidad vital de este órgano; pero siempre queda en las vesículas pulmonares un poco de gas que no se puede expeler y constituye el *residuo respiratorio*. En un adulto la *capacidad vital* media es de 3,600 centímetros cúbicos y el *residuo respiratorio* de 1,400 á 1,450 centímetros cúbicos. Por consiguiente, el volumen total de los pulmones, es 4,750 centímetros cúbicos.

Verificándose en un minuto por término medio, y en la edad adulta, 17 inspiraciones, resulta que el volumen de aire que entra y sale del pulmón durante la respiración normal es de 450 centímetros cúbicos, esto es, el octavo de la capacidad vital y el décimo de la capacidad total de los pulmones. (Fig. 78.)

Método de Regnault y Reiset para determinar la totalidad de gases en los cambios respiratorios. — Para la determinación total de los gases que entran en los cambios de la respiración emplean los autores un aparato bastante complicado, cuyo conjunto puede verse en la figura que presentamos. La campana N se encuentra rodeada de un gran tubo $CC'BB'$ lleno de agua á temperatura constante. La tubulura F de la campana N lleva diferentes piezas. Dos tubos ik $l'h'$, $h'lk$ h ponen en comunicación la campana con el aparato dd' condensador del ácido carbónico; una tubulura an sirve para introducir el oxígeno j , otra $fbcd$ sirve para poner en comunicación la campana con un manómetro cd .

El aparato condensador de ácido carbónico consiste en dos vasos dd' que contienen lejía de potasa y que comunican por su parte baja mediante un tubo flexible j con la campana de vidrio por los tubos que ya hemos descrito. El balancín O hace subir y bajar sucesivamente los vasos de potasa, aspirando el aire cargado de los productos respiratorios de la campana j , restituyendo el animal este mismo aire después de privarlo del ácido carbónico.

Al mismo tiempo que el oxígeno de la campana N es transformado, por la respiración del animal, en ácido carbónico que es absorbido por la potasa, se va haciendo el vacío en la campana N . Tres globos AAA con doble tubulura, y llenos de oxígeno comunican por an con la campana N . Basta con dejar caer una solución de clo-

ruro de calcio desde los depósitos superiores *p q r s* en uno de los globos *A* para que el oxígeno de éste sea reemplazado á manera que desaparece por la respiración. El nivel *s s* del depósito *p q*, que es constante, hace que el paso del oxígeno empiece desde que la presión disminuye en *n*. El nitrógeno del aire inicial queda en el aparato; el ácido carbónico es constantemente reemplazado por el oxígeno, de modo que el animal respira siempre el aire normal.

Haciendo funcionar el aparato durante algún tiempo y mediante un sencillo cálculo, se pueden obtener las cantidades relativas de los gases que entran en los cambios de la respiración.

Composición química de los gases espirados. — La composición del aire atmosférico calculada sobre 100 partes, es:

Oxígeno	20·8
Nitrógeno	79·2
Ácido carbónico	0·03
Vapor de agua	cantidad variada

Tal es el aire cuando penetra en nuestros pulmones. La composición volumétrica del aire espirado, es:

Oxígeno	16·06
Nitrógeno	79·59
Ácido carbónico	4·35
Vapor de agua	5·0

Por término medio se puede decir que sólo quedan 90 volúmenes de ácido carbónico por 100 volúmenes de oxígeno desaparecidos. El resto de este último gas se emplea en la combustión de los tejidos y en la formación del agua y de diversos productos fijos.

El volumen de los gases espirados, tomado á la temperatura de espiración, es próximamente igual al del aire inspirado; pero secando los gases espirados y calculando su volumen á la temperatura del aire inspirado, sólo se encuentran 98·5 á 99 volúmenes en lugar de 100; por consiguiente, ha desaparecido un volumen ó volumen y medio. Esta diferencia afecta principalmente al oxígeno, una parte del cual sirve para formar agua y otros productos.

En los gases espirados se encuentran vestigios de amoníaco, acaso de amoníacos compuestos, una pequeña cantidad de hidrógeno libre y de hidrógenos carbonados, principalmente en los ruminantes y en los omnívoros sometidos á una alimentación herbácea.

La siguiente tabla, calculada por una hora (en las tres primeras columnas y por 1 kilogramo de peso) indica el conjunto de fenómenos respiratorios en la serie animal.

Especie animal	CO ²	O	Peso de O	Nitrógeno
	exhalado	consumido	contenido en CO ² con relación á O desaparecido	en 24 horas
	gramos	gramos	gramos	gramos
Conejo	1'25	0'987	0'916	0'1008
Otro conejo	1'48	0'897	0'93	»
Perro alimentado con carne . .	1'49	1'64	0'742	0'1872
Otro perro	1'03	1'015	0'74	»
Oveja de 6 años	0'67	0'49	0'99	0'086
Ternera de 9 meses	0'504	0'428	0'87	0'062
Verraco de 2 años.	0'443	0'391	0'824	0'012
— de 8 meses	0'679	0'469	1'054	»
Marmota despierta	0'73	0'774	0'686	0'2232
— aletargada	0,022	0'04	0'399	»
Gallina alimentada con avena. .	1'56	1'119	0'024	0'187
La misma en inanición	0'77	0'846	0'707	»
Gallina alimentada con carne. .	1'45	1'67	0'767	»
— joven alimentada con grano	1'54	1'44	0'782	»
La misma alimentada con carne.	1'23	1'593	0'627	»
Ganso alimentado con pan, ave- na y agua	2'29	1'85	0'892	»
Patos	0'654	0'677	0'696	»
Gorrión	10'58	9'59	»	0'2136
Verdón.	13'44	13'00	0'76	0'680
Pico cruzado.	11'33	11'37	»	»
Cinco ranas	0'063	0'063	0'729	»
Tres lagartos despiertos . . .	0'20	0'192	0'752	0'100
— — aletargados	0'024	0'021	0'733	»
Salamandra	0'113	0'085	»	»
Cuarenta abejorros	1'17	1'076	0'791	0'213
Diez y ocho gusanos de seda dis- puestos á hilar	0'91	0'84	0'798	»
Lombrices (112 gr.)	0'108	0'101	0'776	0'0168

(Regnault y Reiset.)

De los números contenidos en el cuadro anterior deduce A. Gauthier las siguientes consecuencias:

1.^a la actividad respiratoria calculada según el oxígeno consumido y para un mismo peso varía en los animales de sangre caliente de 1 á 17, llegando á su máximum en las pequeñas aves.

2.^o Los animales de sangre fría poseen una actividad respiratoria muy inferior á la de los animales de sangre caliente y de los insectos.

3.^o Los animales aletargados ó dormidos, consumen menos oxígeno y transforman en ácido carbónico menor proporción relativa.

4.^o Los insectos tienen una actividad respiratoria comparable á la de los animales de sangre caliente, y aun superior á la de las grandes aves.

5.^o Por término medio se encuentra en el ácido carbónico espirado de 680 á 1000 milésimas del oxígeno inspirado.

La absorción del oxígeno se verifica mediante un mecanismo sencillo, pues como hemos dicho el oxígeno de los alvéolos pulmonares tiende á pasar á la sangre venosa de los vasos alveolares. Al llegar á la sangre se descompone en dos partes, la principal de las cuales se une á la hemoglobina y la otra se disuelve en el plasma en proporción algo superior á la que disolvería el agua en las mismas condiciones. Esta segunda parte varía con la presión exterior, aumentando con la cantidad de carbonatos y fosfatos del plasma, y disminuye si son más abundantes los cloruros alcalinos.

El consumo definitivo de oxígeno se realiza en el interior de los vasos capilares y en contacto con los tejidos que éstos atraviesan. En tales condiciones la sangre arterial se convierte en venosa; se destruye la oxihemoglobina formada en los pulmones, cediendo á los tejidos su oxígeno activo para volver al estado de hemoglobina.

En cuanto á la exhalación del ácido carbónico, se ha de tener en cuenta que por 100 volúmenes de ácido carbónico extraídos por la bomba (sangre venosa), 20 proceden de los glóbulos y 80 del plasma. Bajo la influencia de la hematosis se triplica ó cuadruplica la tensión del ácido carbónico; la parte débilmente unida á la hemoglobina, pasa al plasma y unida á éste tiende á desprenderse de nuevo bajo la acción de la oxihemoglobina que obra como un verdadero ácido.

La parte disuelta en el líquido albuminoso de la sangre como también la combinada con los fosfatos y carbonatos de sosa tienden á ser desalojadas por el nuevo oxígeno que obra sobre ellas como lo haría el vacío.

La eliminación del ácido carbónico crece en el momento de la inspiración. Aumenta igualmente con la *ventilación* del pulmón, pero esto no de manera indefinida, puesto que la cantidad de sangre que atraviesa el parénquima pulmonar en tiempo dado permanece constante, así como la cantidad de ácido carbónico que se forma en los tejidos. También se ha de tener en cuenta que el ácido carbónico puede proceder del desdoblamiento de compuestos oxigenados contenidos en el organismo, sin que intervenga el oxígeno. Las grasas, los hidratos de carbono, etc., producen el ácido carbónico sin que se pierda el oxígeno.

En el estado normal un adulto en reposo y durante 24 horas, desprende de sus pulmones 460 á 480 litros de ácido carbónico, calculados á la temperatura de 0° y á la presión de 760 milímetros. Por cada gramo de ácido carbónico exhalado se producen en el animal de 2'5 á 3'5 calorías.

Los gases al salir del pulmón se encuentran saturados de vapor de agua. La cantidad media de agua que bajo la forma de vapor sale de los pulmones durante 24 horas puede estimarse aproximadamente en 400 gramos.

También el nitrógeno es espirado en cantidad un poco mayor

de la que entra en los pulmones, cuyo exceso proviene de la descomposición de los cuerpos nitrogenados. Un hombre elimina por la vía respiratoria de 4'5 á 5'5 litros de nitrógeno por día.

Además de los gases en los cuales nos hemos ocupado, se exhala del pulmón algunos otros, como el *gas de los pantanos*, etc.

Procedimiento de Pettenkoffer y Voit para la dosificación parcial de los gases de la respiración. — El hombre ó el animal que sirven para esta comprobación, respiran en una cámara A B (Fig. 79), de plancha de hierro y en parte de cristal, herméticamente cerrada, de 3 á 12 metros cúbicos de capacidad. El aire entra por un orificio practicado en la parte baja y merced á un aparato aspirador formado por dos especies de gasómetros que se elevan y bajan regularmente y que no están representados en la figura. No se mide el aire que entra en la cámara A B. Los gases salen por el tubo *n n* merced á los aspiradores de que hemos hablado; pasan por un vaso intermediario V, lleno de piedra pómez húmeda, y son medidos al atravesar el contador de gas C; de donde pasan á los aspiradores y salen á la atmósfera.

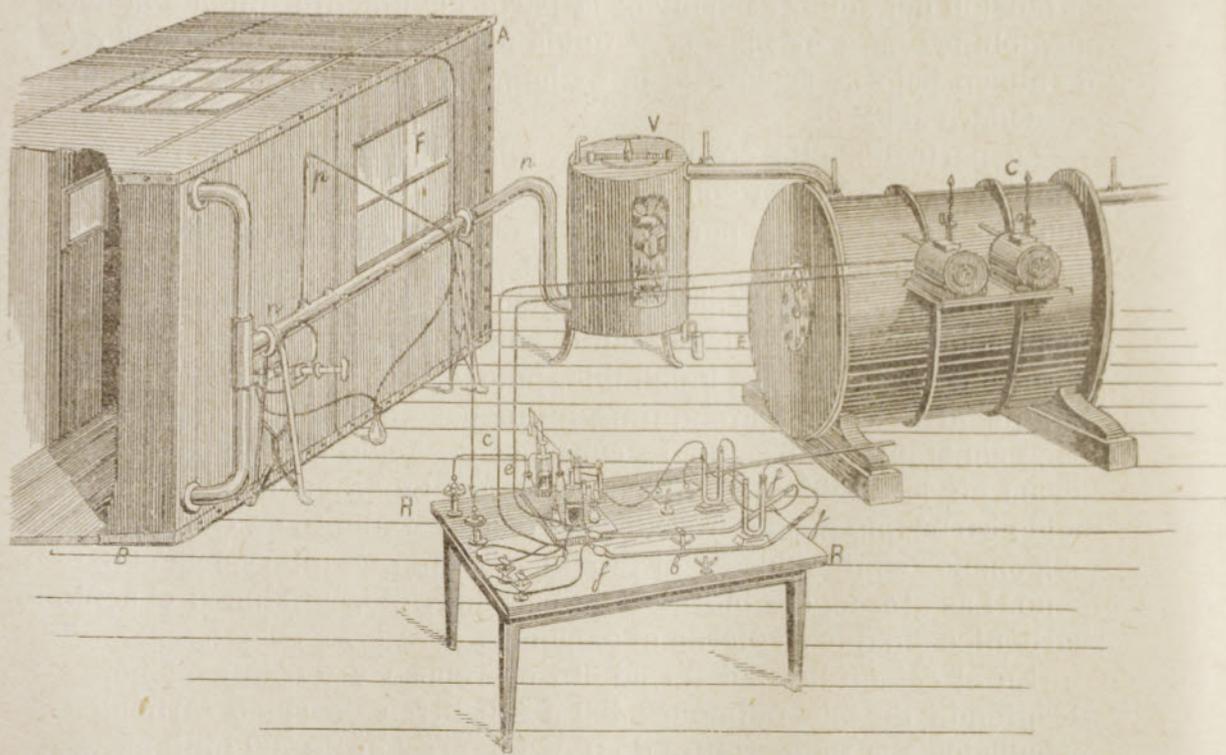


FIG. 79

Aparato de respiración, de PETTENKOFFER y VOIT.

Higiene química de la respiración. — Cuanto acabamos de decir indica claramente los preceptos á que debe acomodarse la higiene de la respiración en todas las condiciones de la vida. De hecho se

observa que el agente principalísimo destinado por su acción química á contribuir poderosamente al movimiento de renovación constante del organismo es el oxígeno. En su cualidad de excitador natural de todas las funciones, penetra en las vesículas pulmonares, las pone en movimiento, atraviesa sus paredes por fenómenos de maravillosa osmosis, busca al carbono para unirse con él y desalojarlo de allí donde estorba, rejuveneciendo los elementos gastados y llevando la vida á todos los órganos en su incesante movimiento.

Es por consiguiente indispensable para la conservación del ritmo fisiológico, que constituye la salud, que procuremos respirar un aire rico en oxígeno y limpio de impurezas que envenenarían nuestra sangre.

Cúmplanse las leyes de la higiene que mandan huir á los sanos y á los enfermos de todo aire cargado en exceso de ácido carbónico, y sobre todo apártense los obreros y los trabajadores en general de esas atmósferas impregnadas de carburos y de óxido de carbono, que, siendo venenos muy activos, obran sobre la sangre y sobre el organismo en general, produciendo terribles caquexias, que extinguiendo lentamente la vida, hacen de ella una serie no interrumpida de dolores y sufrimientos físicos, que se traducen en angustias morales inevitables que transforman al hombre en un ser de peores condiciones que el último y más miserable de la escala zoológica.

No se olvide que los venenos no se absorben solamente por la vía gástrica, sino que tienen también en nuestro organismo otras muchas puertas abiertas para penetrar en él.

Actividad respiratoria. — Consiste en la capacidad de los pulmones para producir los fenómenos químicos que acompañan á la respiración y en tal sentido podría medirse por el consumo de oxígeno en un tiempo determinado, como asimismo por la cantidad de ácido carbónico expelido. Pero como estas cantidades no han sido aún medidas directamente y de una manera precisa, es lo común determinar la actividad respiratoria midiendo la cantidad de aire inspirado por minuto y el volumen del ácido carbónico producido.

Por más que tales datos sean de suma importancia, son todavía insuficientes, puesto que el ácido carbónico procedente de los pulmones no sólo tiene origen en los fenómenos de la respiración, sino que nace también de cambios en las funciones nutritivas y de los desdoblamientos que por acción de los fermentos se realizan en los tejidos.

Varía la actividad de la respiración según la especie animal, según la edad, la talla, el sexo, el régimen, el ejercicio, el estado de vigilia ó sueño, la salud ó la enfermedad. Varía igualmente según el modo respiratorio, según la naturaleza de la atmósfera en que se respira, el grado de temperatura ambiente, la humedad y la presión de la misma atmósfera.

Vamos á estudiar la influencia de estas causas modificadoras, advirtiendo que los resultados que obtendremos se refieren tanto á la respiración pulmonar como á la perspiración ó sea á la que se verifica por la superficie del cuerpo.

Modificaciones de la actividad respiratoria según la especie animal. — Del cuadro inserto en la pág. 298 se deduce que los grandes animales poseen comúnmente una actividad respiratoria inferior por lo menos de una mitad á la que corresponde á los animales pequeños, y que en las aves resulta esta función más activa, ocupando los mamíferos el segundo lugar; también es muy activa la respiración en los insectos y muy débil en los reptiles. Las pequeñas aves respiran de 20 á 25 veces más que los carneros y los cerdos. En cuanto á la respiración de los peces, debe tenerse en cuenta que se realiza en condiciones especiales mediante la conformación de sus órganos. Es sabido que inspiran el aire disuelto en el agua, facilitándose esta absorción por la renovación continua del aire mediante una corriente continua que entra por los órganos respiratorios del pez y sale por los oídos.

Las cantidades de oxígeno absorbido y de ácido carbónico exhalado por hora y por kilogramo en algunas especies pueden verse en el siguiente cuadro:

	Temperatura	Oxígeno absorbido	Relación del volumen de CO ² v O
	<i>grados</i>	<i>gramos</i>	
PECES DE AGUA DULCE			
Cyprinus auratus	12	0'0059	0'80
—	12'5	0'073	0'63
—	12	0'043	0'85
Murœna anguilla.	14	0'058	0'79
—	15'5	0'069	0'60
Cyprinus foxinus	16	0'202	0'86
PECES DE MAR			
Mullus (muy vivo)	15	0'246	0'86
Mullus	14	0'193	0'81
Murœna conger	16	0'109	0'67
Rajatorpedo	14	0'070	0'56
Pleuronectes solea	14	0'106	0'81
Squalus catulus.	15	0'078	0'83

(Jolyet y Regnard.)

En cuanto á la respiración de los invertebrados, los mismos autores han estudiado la actividad respiratoria de los crustáceos, moluscos, anélidos y zoófitos, obteniendo los siguientes resultados:

	Temperatura	Oxígeno consumido	Relación entre vol. de CO ² y O consumido
	<i>grados</i>	<i>gramos</i>	
CRUSTÁCEOS			
Astacus fluviatilis	12'5	0'055	0'86
Cancer pagurus.	16	0'154	0'84
Hocuarus vulgaris	15	0'098	0'80

	Temperatura	Oxígeno consumido	Relación entre vol. de CO ² y O consumido
	<i>grados</i>	<i>gramos</i>	
MOLUSCOS			
Octopus vulgaris	15'5	0'064	0'86
Cardium edule	15	0'021	0'84
Mutilus edulis	14	0'017	0'76
Ostrea edulis	13'5	0'019	0'79
ANÉLIDOS			
Hirudo officinalis	13'5	0'033	0'86
Los mismos 5 días después de la succión de la sangre	13	0'057	0'90
ZOÓFITOS			
Astera cauthian rubens	19	0'046	0'79

En cuanto á la respiración del hombre, hemos visto ya que un adulto de 68 á 70 kilos de peso exhala en 24 horas de 910 á 950 gramos de ácido carbónico que contienen de 248 á 260 de carbono ó sea 11 gramos próximamente por hora. Esta proporción varía según la edad, siendo menor en los niños y aumentando con el peso del individuo. A continuación apuntamos algunos datos que confirman estas afirmaciones:

EDAD	Peso en kg.	Cantidad de C exhalada por hora	Cantidad de CO ² producida por hora	Cantidad de carbono exhalado en 24 h. y por kg.
		<i>gramos</i>	<i>gramos</i>	<i>gramos</i>
8 años	22'2	5'0	18'3	5'4
15 —	46'4	8'7	3'19	4'5
16 —	43'4	10'8	39'6	4'8
18 á 20 años	60'5 á 61'2	11'4	41'8	4'5
20 á 24 —	65'0 á 68'8	12'2	44'7	4'3
40 á 60 —	65'5 á 68'8	10'1	37'0	3'6
60 á 80 —	61'2 á 65'5	9'2	33'7	3'4

(Audral y Gavarret.)

La respiración es más activa en los machos que en las hembras. Los mismos autores nos facilitan en confirmación de lo dicho los siguientes datos:

	Carbono consumido en una hora	
	Hombres	Mujeres
	<i>gramos</i>	<i>gramos</i>
De 8 á 15 años	7'4	6'4
De 15 á 20 —	10'8	6'6
De 20 á 30 —	12'2	6'3
De 30 á 40 —	11	7
De 40 á 50 —	10'5	8'1
De 50 á 60 —	10'1	7'3
De 60 á 70 —	10'2	6'8

La talla y el peso modifican también los fenómenos respiratorios, estando comprobado que la intensidad de estos fenómenos es

más grande cuanto la especie es más pequeña. También influye el estado de gordura ó de enflaquecimiento; los animales enflaquecidos absorben más oxígeno que los gordos de la misma especie.

La actividad ó el reposo muscular modifican igualmente los fenómenos de la actividad respiratoria, enlazándose este hecho, y siendo una consecuencia de la teoría mecánica del calor.

Un animal consume tanto más oxígeno y produce tanto más de ácido carbónico cuanto el trabajo mecánico que realiza en un tiempo dado es más grande.

Así consigna Lavoisier esta ley biológica, observando que un hombre en ayunas y en reposo absorbía por hora 24 litros de oxígeno, y que el mismo, realizando en ayunas y en 15 minutos un trabajo correspondiente á 1,466 kilográmetros, consumía en el mismo tiempo 65.5 litros de oxígeno. Bien alimentado el mismo hombre, y estando en reposo, consumía 37.7 litros de oxígeno por hora, mientras que necesitaba 91 litros si en el mismo tiempo realizaba un trabajo equivalente á 1,549 kilográmetros. Efectivamente, á todo trabajo realizado corresponde una absorción de calor que debe contribuir á la actividad de los fenómenos de combustión, y como, por otra parte, una cantidad dada de calor no se transforma completamente en trabajo mecánico, resulta que el organismo sigue funcionando con este exceso de calor que exagera su actividad. Después que ha terminado el trabajo, la actividad respiratoria aun permanece exagerada durante 10 á 15 minutos, al cabo de cuyo tiempo vuelve de nuevo á su estado normal.

Los números siguientes marcan las cantidades de oxígeno absorbido por hora y por kilogramo en reposo y en movimiento:

	Reposo	Movimiento
Hombre de 42 años	0.44 gramos	1.90 gramos
Otro de 42 —	0.39 —	1.68 —
Hombre de 18 —	0.75 —	1.92 —
Mujer de 18 —	0.43 —	1.74 —

(Hirn.)

Cada kilogramo de trabajo producido aumentaría:

El aire inspirado en	97 centímetros cúbicos.
El oxígeno absorbido en	0.0079 gramos.
El ácido carbónico exhalado en	0.010 —

(Speck.)

El esfuerzo necesario para hacer progresar un metro á un kilogramo de un cuerpo en marcha horizontal aumenta el ácido carbónico en 0.000149 gramos, y el trabajo correspondiente á un kilográmetro aumenta también el ácido carbónico en una cantidad igual á 0.00668 gramos.

En el envenenamiento por el *curare*, en el cual desaparece la actividad muscular, disminuyen también notablemente las cantidades de oxígeno absorbido y de ácido carbónico exhalado. (Zuntz.)

El reposo ó actividad cerebral modifican también los fenómenos de actividad respiratoria, como puede observarse estudiando los cambios que se verifican durante el sueño y la vigilia. Durante el primero disminuye notablemente la cantidad de oxígeno exhalado. Pettenkoffer y Voit han demostrado que durante el sueño el organismo hace provisión de oxígeno que se acumula en los órganos sin reaparecer en la forma de ácido carbónico. Pero esta observación ha sido después contradicha por los mismos autores y por algunos otros, los cuales han encontrado otra explicación para el fenómeno. Hechos ulteriores han demostrado, que si en ciertos casos hay absorción de oxígeno durante la noche, esta absorción puede observarse igualmente bajo la influencia de otras circunstancias.

La alimentación influye también en la actividad respiratoria; según la composición de los alimentos es más ó menos á propósito para activar los fenómenos de combustión. Todo el oxígeno absorbido no se encuentra en el ácido carbónico espirado; una parte del primero sirve para la combustión del hidrógeno y, por consiguiente, según sea mayor ó menor la cantidad de hidrógeno quemado, variará también la relación entre el ácido carbónico y el oxígeno absorbido. Para un régimen vegetal rico en hidratos de carbono, aumenta, puesto que dichos hidratos, como la celulosa y las materias amiláceas y azucaradas, conteniendo solamente el oxígeno necesario para la combustión de su hidrógeno, necesitarán para la combustión completa otra cantidad de oxígeno correspondiente á su riqueza en carbono.

Las grasas, azúcares, materias amiláceas, etc., ricas en carbono, darán, por consiguiente, la mayor proporción de ácido carbónico exhalado. Después de una comida compuesta de alimentos feculentos y de pan, aumenta notablemente el cociente respiratorio. Los alimentos grasos y los nitrogenados modifican poco estos fenómenos.

La abstinencia y aun más la *inanición*, producen notable disminución en el ácido carbónico exhalado y en el hidrógeno que, en estado de agua, sale de los pulmones. Boussingault ha estudiado la respiración de tórtolas sometidas á la inanición, enunciando el resultado de sus investigaciones la siguiente ley biológica: «Por el hecho de la respiración el animal inanizado quema sólo como una mitad del carbono y de hidrógeno que consume bajo la influencia del régimen alimenticio.»

Los animales privados de alimento absorben el nitrógeno en ciertos casos, pudiéndose elevar de 0·5 y alguna vez hasta el 1 por 100 del oxígeno asimilado por los pulmones. El siguiente cuadro facilita datos importantes sobre la acción de la abstinencia en los cambios de la actividad respiratoria con respecto al hombre. Las experiencias son debidas á Pettenkoffer y Voit, y merecen especial atención por su importancia:

PESO EN GRAMOS de ácido carbónico y de agua exhalados, y de oxígeno absorbido en los estados de abstinencia, de alimentación, de reposo y de trabajo.

	ABSTINENCIA		ALIMENTACIÓN MIXTA			ALIMENTACIÓN		
	Reposo	Trabajo	Reposo	Reposo	Trabajo	Rica en	Sin	
						nitro- geno	nitro- geno	
						Reposo	Reposo	
CO ² exhalado.	Día.	379	930	539	527	828	596	508
	Noche. . . .	316	257	404	403	306	442	331
	En 24 horas.	695	1127	943	930	1134	1038	839
Oxígeno ab- sorbido	Día.	420	922	469	418	795	566	523
	Noche. . . .	323	450	450	449	211	310	283
	En 24 horas.	743	1172	919	867	1006	876	808
Agua exha- lada.	Día.	463	1425	534	446	1035	644	566
	Noche	351	352	475	511	377	563	359
	En 24 horas.	814	1777	1009	957	1412	1207	925
Urea en las orinas.	Día.	14 ⁴	11 ⁹	17 ⁸	19 ²	18 ⁹	31 ³	16 ⁵
	Noche. . . .	11 ⁹	13 ¹	17 ⁶	18 ⁰	18 ⁴	38 ⁴	11 ²
	En 24 horas.	26 ³	25 ⁰	35 ⁴	37 ²	37 ³	89 ⁷	27 ⁷
Cociente $\frac{CO^2}{O^1}$	Día.	0 ⁶⁶	0 ⁷³	0 ⁸⁴	0 ⁹²	0 ⁶⁷	0 ⁷⁷	0 ⁷¹
	Noche. . . .	0 ⁷¹	1 ²⁴	0 ⁶⁵	0 ⁶⁵	1 ⁰⁶	1 ⁰⁴	0 ⁸⁴
	En 24 horas.	0 ⁶⁸	0 ⁸⁰	0 ⁷⁴	0 ⁷⁸	0 ⁸²	0 ⁸⁶	0 ⁷⁵

(Pettenkoffer y Voit.)

Y lo más notable de los resultados contenidos en este cuadro, es el aumento de la cantidad de ácido carbónico durante el trabajo. A esta cantidad, independiente de la alimentación, corresponde generalmente un aumento en la cantidad de oxígeno absorbido. Obsérvase también que el cociente respiratorio, $\frac{CO^2}{O^1}$, varía mucho según el régimen, la alimentación y el estado de reposo ó de trabajo.

No sólo influye en la actividad respiratoria la alimentación en general, sino que otras muchas sustancias especiales ingeridas, como bebidas ó condimentos, modifican notablemente estos fenómenos. La ingestión de bebidas alcohólicas disminuye la producción del ácido carbónico, lo cual sucede también bajo la influencia de ciertos aceites esenciales. Algunas bebidas aromáticas, como el te y el café, disminuyen la proporción del ácido carbónico.

También hay medicamentos que hacen lento el movimiento de desasimilación y, por tanto, menos imperiosa la necesidad de respirar y de reparar las pérdidas sufridas por la respiración. Llámense estos medicamentos *de reserva* ó *de ahorro* y obran sobre las células como los antisépticos sobre los organismos inferiores, para limitar las fermentaciones intraorgánicas de los músculos y de las glándulas, y de la nutrición en general.

Por el contrario, los lactatos, los azúcares, la caseína, el gluten y la albúmina aumentan la actividad respiratoria.

Influencia de algunos estados morbosos. -- Es sabido que la temperatura influye en la actividad respiratoria, de donde se sigue que cuando aquélla aumenta y disminuye en ciertas enfermedades, el cociente $\frac{CO_2}{O_2}$ debe también experimentar variaciones. El aumento del ácido carbónico en la fiebre es de 20 á 50 centésimas con relación al estado normal, pero no siempre es proporcional al aumento de calor. Sin embargo, según Liebermeister, la elevación de la temperatura es casi proporcional al ácido carbónico producido, al menos en los accesos de fiebre intermitente. He aquí el resultado de las observaciones:

	Exhalación de CO ²	Calorías producidas
1. ^a media hora.	13'85	44
2. ^a — —	19'07	61
3. ^a — —	34'49	110
4. ^a — —	19'50	62
5. ^a — —	17'99	58
6. ^a — —	17'15	55

En las flegmasias pulmonares y cardíacas, la tisis, las fiebres eruptivas, las diarreas crónicas, la disentería y el cólera, disminuye el ácido carbónico exhalado.

En la clorosis y en la leucemia los enfermos espiran un poco más de ácido carbónico y absorben un poco menos de oxígeno que en el estado normal.

Los diabéticos inspiran menos oxígeno y espiran menos ácido carbónico y vapor de agua que los sanos.

	O absorbido <i>gramos</i>	CO ² exhalado <i>gramos</i>	H ² O exhalada <i>gramos</i>
DIABETES			
Día.	278'0	359'3	308'6
Noche.	294'2	300'0	302'7
Total en 24 horas.	572'0	659'3	611'3
LEUCOCITEMIA			
Día.	346'2	480'9	322'1
Noche.	229'2	499'0	359'2
Total.	575'4	979'9	1081'3
A un individuo sano corresponden en 24 horas	709'0	911'5	828'0

(Pettenkoffer y Voit.)

Fenómenos parecidos se observan en los coléricos; los gases respirados por ellos contienen del 2 al 3 por 100 de ácido carbónico, y en cuanto al oxígeno sólo se eleva á 1'75 por 100 volúmenes de aire.

En los estados de letargia histérica el volumen de aire inspirado descende desde la normal de 13 litros á 3'5 litros por hora y kilogramo, y el ácido carbónico espirado llega á 0'650 ó á 0'277 gramos.

CAPÍTULO XVI

Influencia de la luz. — Influencia de la temperatura. — Influencia de la presión. — Influencia de la composición del aire inspirado. — Influencia del estado higrométrico del aire. — Representación gráfica de los productos de la respiración. — Perspiración. — Descenso del cociente respiratorio por el barnizado de la piel. — Teoría química de la respiración. — Aplicaciones prácticas.

BIBLIOGRAFÍA. — Wurtz: *Chim. biol.* — M. Arthus: *Chim. physiol.* — A. Gautier: *Chim. biol.* — Schutzenberger: *Bull. de la Soc. chim.*, t. XXI, pág. 286. — Hüfner: *Zeits für physiol. chem.*, t. VI, pág. 94. — Hoppe-Seyler: *Physiol. Chem.*, pág. 582. — P. Bert: *C. R.*, t. LXXV, pág. 30.

Influencia de la luz. — Experimentando sobre ranas sometidas á la misma temperatura, se ha observado que estos animales exhalan á la luz, por hora y kilogramo, una cantidad de ácido carbónico superior en $\frac{1}{12}$ á $\frac{1}{4}$ al que espiran en la obscuridad. La acción de la luz sobre la retina no sólo aumenta las exhalaciones pulmonares sino también la respiración cutánea. Se sabe que los animales se engordan más rápidamente en la obscuridad que en la luz.

Bajo la influencia del rayo luminoso violado es menor la cantidad de ácido carbónico exhalado, la cual crece bajo la acción de la luz amarilla y de la verde. En experimentos hechos bajo la influencia de la luz de diferentes colores se han obtenido los siguientes resultados respecto á la espiración de los gases pulmonares y á la excitación que sobre el organismo ejerce esta misma coloración:

Luz blanca.	100
— roja.	92
— amarilla	126
— verde	106
— azul.	103·8
— violada	87·3

Téngase en cuenta que estos números sólo expresan una relación entre los grados de excitabilidad producidos por los colores de la luz.

Influencia de la temperatura. — El calor rarifica el aire, de donde resulta que en un volumen dado de este fluido será menor el del oxígeno contenido á medida que aumenta la temperatura.

Además, siendo constante la temperatura en los animales de sangre caliente, es claro que el descenso de la temperatura ambiente debe producir un aumento en el calor animal, y por tanto una excitación en la actividad respiratoria. Para conservar en este caso la temperatura del cuerpo en su grado normal, el organismo necesita quemar mayores cantidades de carbono y de hidrógeno, cuyo fenómeno no solamente influye en la respiración, sino también en los fenómenos de nutrición.

Los siguientes datos servirán para conocer la influencia de la temperatura sobre la actividad respiratoria.

OBSERVACIONES SOBRE COBAYAS	Temperatura exterior	Absorción de O por kg. y hora	Exhalación de CO ² por kg. y hora	Relación $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}^2}$ en volumen
	<i>grados</i>	<i>gramos</i>	<i>gramos</i>	
1. ^a Serie de experiencias . . .	16·9	1·55	1·85	0·86
	7	2·14	1·38	0·80
2. ^a Serie.	21·3	1·62	1·97	0·88
	7·8	2·35	2·88	0·88
3. ^a Serie.	26·2	1·60	2·09	0·94
	3·6	2·65	3·07	0·83

(Colasanti y Finckler.)

Con respecto al ácido carbónico exhalado en seis horas por un hombre sano de peso 71 kg. y en estado de reposo, ha hecho Voit las siguientes observaciones:

Temperatura	
4·4°	210 gramos.
9°	192 —
16°	158 —
24°	166 —
26·7°	160 —
30°	170 —

Obsérvase que con la elevación de la temperatura las cantidades de oxígeno absorbido y de ácido carbónico exhalado van disminuyendo, sino de una manera regular é inversamente proporcional el aumento de temperatura, por lo menos de un modo sensible y que puede ser fácilmente apreciado. Esto en los animales de sangre caliente; en cuanto á los de sangre fría, se observa el fenómeno en sentido contrario, es decir, que la proporción de ácido carbónico exhalado aumenta con la temperatura.

Influye también en la actividad respiratoria la temperatura del cuerpo, puesto que en los animales de sangre caliente es necesario un esfuerzo orgánico para conservar en su estado normal esta temperatura. Obsérvase que cuando esta temperatura desciende rápi-

damente por la inmersión en un medio frío, los movimientos respiratorios se hacen menos frecuentes y profundos, disminuyendo, por tanto, la absorción del oxígeno y la exhalación del ácido carbónico.

Influencia de la presión. — Se ha observado que todo aumento de presión va seguido de otro aumento en la cantidad de ácido carbónico formado, y también que en tales condiciones disminuye la frecuencia de las inspiraciones que aumentan su profundidad. A una altura de 2 á 3000 metros no aumenta la amplitud de las inspiraciones, pero el número de ellas crece sensiblemente.

Cuando la presión atmosférica se eleva rápidamente á unos 200 milímetros de mercurio sobre la normal, los movimientos respiratorios se hacen más lentos; si, por el contrario, el aire se hace menos denso, las inspiraciones son más rápidas, pero la relación $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ permanece sencillamente la misma.

Pero cuando la disminución de la presión llega á ser de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{2}$ de atmósfera aparecen nuevos fenómenos que ha estudiado P. Bert. Cuando la disminución es de $\frac{1}{8}$ de atmósfera, la respiración y el corazón retardan sus movimientos, disminuye la presión cardíaca; $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ decrece, y por último desciende la temperatura del animal. He aquí algunos datos referentes á la respiración del gorrión:

PRESIÓN	O consumido	CO ² exhalado
	por hora	por hora
	cc.	cc.
760 milímetros	145	122
400 —	118	97
300 —	89	65
240 —	70	57

En las presiones atmosféricas inferiores sobreviene la muerte, cuando la tensión del oxígeno es reducida á un equivalente de 35 milímetros de mercurio en lugar de 155 milímetros, que es su tensión normal en el aire. Si, por el contrario, la presión aumenta en media atmósfera, sobrevienen perturbaciones en la circulación y la respiración. En el primer caso la muerte es acaso debida á la asfixia y quizás á envenenamiento por el ácido carbónico.

Los individuos que habitan regiones elevadas y que por consiguiente se encuentran sometidos á presiones atmosféricas débiles, viven en un estado de anemia y debilidad habituales. El llamado *mal de montaña* no tiene otra causa que esta debilidad de la presión atmosférica.

El mismo P. Bert ha demostrado que la disminución del ácido carbónico á altas presiones y la sensación de frío que se experimenta en estos casos indican una disminución de la actividad vital, debida á la gran tensión del oxígeno. Parece, pues, que el oxígeno respirado bajo una presión de 2300 milímetros de mercurio, ó sea 3.5 atmósferas, obra como un violento veneno tetánico. Estos hechos generales están confirmados y tienen aplicación á los

animales inferiores, aun á los microbios, que no pueden resistir una presión de oxígeno de 4 á 5 atmósferas.

Influencia de la composición del aire inspirado. — Resulta de minuciosas observaciones que cuando la proporción de oxígeno en la atmósfera es la normal como asimismo la presión del aire, no influye en la vida de los animales la mayor ó menor cantidad de oxígeno que en ella pueda existir. Pero si se introduce en la atmósfera algún gas deletéreo, como el ácido carbónico, el óxido de carbono, etc., sobrevienen fenómenos de envenenamiento, como sucede cuando se somete á un animal á respirar en un espacio pequeño herméticamente cerrado.

Experiencias hechas sobre animales, demuestran que la ventilación de las habitaciones debe ser tal que nunca los gases respirados constituyan más del 1 por 100 de ácido carbónico. Las cantidades de 1 por 1000 y aun de 1 por 10,000 de óxido de carbono, llevan á la sangre una parte muy sensible de este gas tóxico. Un $\frac{1}{2}$ por 100 de este gas en la atmósfera basta para matar rápidamente á pájaros jóvenes. Un volumen de hidrógeno sulfurado sobre 150, mata á un pájaro pequeño después de algunos minutos; un volumen sobre 800, mata al perro y un volumen sobre 250, al caballo. Los gases hidrógeno fosforado, bióxido de nitrógeno, cianógeno y algunos otros son todavía más tóxicos.

Influencia del estado higrométrico del aire. — El aire saturado de humedad disminuye la exhalación del vapor de agua de los pulmones. Esta humedad, en opinión de algunos biólogos, favorece la eliminación del ácido carbónico.

Representación gráfica de los productos de la respiración. — G. Weiss, en una *nota* presentada recientemente á la *Sociedad de Biología* de París, ha presentado un trazado gráfico que representa los productos de la respiración en función del tiempo, y que tiene gran interés práctico. El aparato que emplea es sumamente sencillo, y puede realizarse con los utensilios usuales de laboratorio, pues está esencialmente constituido por un motor eléctrico y un cilindro registrador.

El principio sobre el cual se funda el autor, ha sido ya empleado por Redier para construir una balanza registradora de Quintenz. Pero la disposición de ésta tenía dos inconvenientes; en primer lugar, dependía todo el aparato de la báscula; en segundo lugar, verificándose mecánicamente la transmisión, el aparato sufría frecuentes interrupciones, á consecuencia de lo delicados que eran algunos de sus órganos.

El registrador empleado por Mr. Weiss es sólido, y puede servir lo mismo para dar el trazo de las variaciones de peso, que una balanza de Quintenz para pesar un hombre, que una balanza de precisión para evaluar pequeñas fracciones de gramo, puesto que sólo está relacionado con el aparato de pesar por medio de conexiones eléctricas.

Compónese de un motor eléctrico que produce la inmersión más ó menos considerable de un flotador cilindrico en un vaso que contiene un líquido, y que está colocado en uno de los platillos de la balanza. En el momento de las variaciones de peso del cuerpo colocado sobre el otro platillo, las variaciones de inmersión del flotador restablecen el equilibrio, y basta registrar las variaciones de inmersión del flotador, para tener la curva de las variaciones de peso. El sentido de las rotaciones del motor depende de contactos eléctricos en el fiel de la balanza.

El autor asegura que durante el último año se ha preocupado mucho de buscar un buen método para dosificar los productos de la respiración, y no ha encontrado ninguno que pueda sustituir al método de las pesadas. Pero solamente se obtiene por este procedimiento la dosificación del ácido carbónico exhalado en totalidad, ó el vapor total de agua durante un tiempo determinado, no pudiendo seguirse la marcha del fenómeno durante el curso de una experiencia. Pero si los aparatos de absorción se colocan sobre el platillo de una balanza provista de su registrador, se obtiene la curva continua del fenómeno.

La única dificultad consistía en enlazar sin frotamiento estos aparatos de absorción con la campana, bajo la cual se encuentra el animal, y con el aparato aspirador.

Esto se puede conseguir por medio de una juntura hidráulica, y aun de ésta se puede prescindir. Las oscilaciones del fiel son efectivamente extremadamente limitadas, puesto que apenas son visibles á simple vista. En tales condiciones el autor ha comprobado que estableciendo la comunicación por medio de tubos de caoutchouc, muy flexibles y convenientemente largos, no se modifica en nada la sensibilidad de la balanza.

De este modo Mr. Weiss ha podido instalar un aparato que registra el ácido carbónico, cuando los tubos de absorción contienen potasa; igualmente el vapor de agua cuando dichos tubos contienen pómez sulfúrica.

Cambiando las dimensiones del flotador es fácil hacer variar la sensibilidad del aparato entre límites muy amplios. El que emplea su autor, es tal, que diez centímetros de ordenada de la curva representan 3'3 gramos de gas fijado. El error anejo á estas experiencias depende del espesor del trazado.

Descenso de cociente respiratorio por el barnizado de la piel. — El cociente respiratorio desciende rápidamente cuando se opone un obstáculo á la respiración cutánea. En experiencias en las cuales se fijó este cociente medio en 0'760, bajó rápidamente á 0'720. En el párrafo siguiente, estudiaremos más detenidamente los fenómenos relacionados con la respiración cutánea.

Perspiración. — El cambio gaseoso que se verifica á través de la superficie, no sólo se realiza en los reptiles sino también en los animales superiores y en el hombre.

Esta respiración cutánea se distingue de la pulmonar por la falta de hematosis; pero una y otra se completan y aun llegan á suplirse en los animales inferiores alguna vez.

Por la respiración cutánea la piel arroja sin cesar vapor de agua, ácido carbónico y un poco de nitrógeno, y midiendo la actividad de esta respiración por la cantidad de ácido carbónico que en ella es eliminado, se observa que su actividad llega apenas á la centésima parte de la correspondiente á la respiración pulmonar, como puede observarse por los siguientes datos:

	Peso en kilogramos	CO ² exhalado en una hora		CO ² exhalado por la piel en 24 horas
		por el pulmón <i>gramos</i>	por la piel <i>gramos</i>	
Niño de 9 años y 9 meses.	22.0	20.34	0.181	4.34
Niña de 10 años	23	19.16	0.124	»
Joven de 16 años	57.7	34.28	0.181	4.34
Muchacha de 19 años	»	»	0.272	6.53
Hombre de 28 años	82	36.62	0.373	8.95

(Scharling.)

La eliminación de ácido carbónico por la piel, según se observa, es próximamente una centésima parte de la correspondiente á los pulmones.

También aumenta notablemente con la temperatura el ejercicio muscular, la actividad digestiva, el régimen y la luz, como puede verse por los siguientes resultados:

CANTIDAD DE CO² EXHALADO POR LA PIEL

En la luz	100
Obscuridad	80
En la abstinencia	100
Digestión	112
Régimen vegetal	100
Animal	116

Estos números sólo representan cantidades relativas.

Entre los animales inferiores los cambios gaseosos se verifican por la piel tan activamente como por los pulmones. En animales que ocupan los últimos terminos de la escala zoológica y que carecen de bronquios y de pulmones, la respiración se verifica exclusivamente por la piel.

Teoría química de la respiración. — Lavoisier fué el primero que determinó la verdadera naturaleza de esta función, afirmando que en la respiración se realiza sencillamente una combustión.

Pero esta determinación general, por más que sea de suma importancia, no basta, y es preciso investigar el lugar donde dicha combustión se realiza y el *modo* y alcance de los fenómenos que constituyen esta función.

Fundándonos en los hechos que dejamos consignados y utilizando lo que hasta hoy se halla establecido, veamos cómo se explica la función respiratoria.

La estructura especial del pulmón es á propósito para la absorción y exhalación de los gases de la sangre. Estas funciones se verifican al nivel de los alvéolos pulmonares, donde la sangre venosa se carga de oxígeno y pierde ácido carbónico, pasando el oxígeno de la red alveolar á la sangre y separándose de ésta el ácido carbónico, para pasar al aire alveolar.

Estos cambios gaseosos se realizan según las leyes físicas de osmosis de los gases, resultando que la sangre arterial es más rica en oxígeno y la venosa está más cargada de ácido carbónico.

El oxígeno pasa á la sangre porque su tensión en el aire de los alvéolos es superior á su tensión en la sangre venosa que llega al pulmón. El ácido carbónico pasa al aire alveolar porque su tensión en la sangre es superior á la que tiene en el aire alveolar, y pasa al aire alveolar hasta que se establece el equilibrio en las tensiones.

El oxígeno se fija sobre los glóbulos convirtiendo la hemoglobina en oxihemoglobina. En esta última el oxígeno forma una verdadera combinación; pero es ésta muy poco estable, porque la elevación de la temperatura en el vacío le hace perder oxígeno, según Hoppe-Seyler.

La absorción del oxígeno por la sangre, no es una disolución según la ley de Dalton, sino que hasta cierto límite es independiente de la presión; pues aunque bajo la influencia de muy débiles presiones la sangre toma menos oxígeno que bajo presiones fuertes, se explica el fenómeno recordando que la oxihemoglobina pierde oxígeno en el vacío, en virtud de un hecho de disociación. Está comprobado que la oxihemoglobina es una combinación disociable; disuelta en agua á 35°, posee una tensión de disociación igual á 25 milímetros de mercurio, y por consiguiente perderá oxígeno cuando la tensión de este gas sea inferior á esta cifra, según queda ya dicho.

Para explicar el fenómeno de la exhalación del ácido carbónico hay que recordar que este gas existe en la sangre en estado de combinación ó en el de disolución. Sabemos, además, que la sangre es alcalina, y que en estado normal nunca aparece neutra ó ácida. De aquí se deduce que una parte del ácido carbónico está unida al álcali, formando una combinación que sólo puede ser alterada por la intervención de otro ácido.

La proporción de ácido carbónico combinado y que sólo se expulsa en el vacío por los ácidos, constituye la décima parte del mismo gas simplemente disuelto en la sangre.

El carbonato y fosfato sódico contenidos en la sangre pueden disolver ácido carbónico para constituir un carbonato ácido, el cual, en presencia del fosfato que tiende á hacerse ácido, es muy poco

estable, y se establece entre ambas sales un equilibrio que fácilmente es destruído por las influencias de temperatura ó de presión.

En cuanto al ácido carbónico débilmente combinado en la sangre, según Fernet, el suero se conduce como si fuera una disolución de carbonato y fosfato sódicos que contienen estas sales en las proporciones que las contiene el suero.

El ácido carbónico contenido en la sangre en estado de disolución debe ser considerado como una disolución acuosa del mismo gas. Esta cede al aire, por difusión, una parte del gas que contiene, según las condiciones de temperatura y de tensión, como ya dijimos al principio.

Aun conviene averiguar si el desprendimiento del ácido carbónico en los alvéolos obedece también á alguna acción química.

Schöffler y Preyer han hecho notar los siguientes hechos: Los glóbulos ejercen determinada acción sobre el desprendimiento del ácido carbónico de la sangre, como se confirma con el experimento de Preyer. Divídese la sangre en dos porciones, desfibrinando una de ellas y abandonando la otra á la coagulación. El suero de ésta y la sangre desfibrinada, separados, se purgan de todo gas en el vacío, mezclando después ambos líquidos, y exponiéndolos nuevamente en el vacío.

Entonces se escapa una nueva cantidad de ácido carbónico, la cual corresponde exactamente á la que el suero privado de gas había proporcionado por los ácidos. Dedúcese de aquí que los glóbulos ejercen sobre el suero una acción análoga á la de los ácidos.

Para comprender mejor la influencia de la tensión en los cambios gaseosos de la respiración, conviene recordar que la naturaleza del aire inspirado es la misma que la del aire atmosférico, es decir:

O	=	20·8	volúmenes.
N	=	70·2	—
CO ²	=	huellas	—

En cuanto al aire espirado, tiene una composición media en el adulto, y en condiciones normales que puede representarse por

O	=	16·0	volúmenes.
N	=	79·6	—
CO ²	=	4·4	—

Llábase *coeficiente de ventilación* á la relación del volumen de aire inspirado ó espirado en cada inspiración ó espiración, con el volumen de aire contenido en el pulmón. Este volumen, en proporción media es $\frac{1}{10}$.

Con estos datos se puede conocer la composición del aire alveolar en el aumento de la inspiración. Este aire está compuesto, en el acto de la inspiración, por una mezcla de nueve volúmenes de aire de espiración y un volumen de aire de inspiración. Esta composición es la siguiente:

$$O = \frac{1}{10} \times (16.0 \times 9 + 20.8) = 16.48 \text{ volúmenes.}$$

$$N = \frac{1}{10} \times (79.6 \times 9 + 79.2) = 79.56 \quad -$$

$$CO_2 = \frac{1}{10} \times (4.4 \times 9 + 0) = 3.96 \quad -$$

De aquí se deduce que la tensión del oxígeno en el aire alveolar varía de 16.5 á 16.0 por 100 de atmósfera, y que la tensión del ácido carbónico varía de 4.0 á 4.4 por 100 de atmósfera.

Dedúcese igualmente que la tensión de la sangre venosa que llega al pulmón ha de ser inferior á 16 por 100 de atmósfera, y que la tensión del oxígeno en la sangre arterial que sale del pulmón no puede ser superior á 16.5 por 100 de atmósfera.

La tensión de ácido carbónico en la sangre venosa que llega al pulmón es superior al 4 por 100 de atmósfera, y la de este gas en la sangre arterial que sale del pulmón ha de ser por lo mismo igual á 4 por 100 de atmósfera.

Generalmente se admite hoy por los fisiólogos que los fenómenos de la combustión respiratoria no tienen asiento en el pulmón, sino que se realizan en la sangre durante su paso por los tejidos. El oxígeno es llevado por los glóbulos á las regiones más apartadas del organismo. Los recientes experimentos de P. Bert demuestran que las combustiones respiratorias se realizan en el sistema capilar, y sobre todo á través del espesor de las paredes de estos pequeños vasos y en la intimidad misma de los tejidos.

La oxihemoglobina cede allí el exceso de oxígeno que absorbe y lo conduce sobre las materias oxidables que después son eliminadas por el organismo, convirtiéndose en hemoglobina reducida.

Hechos comprobados por Schützenberger vienen en apoyo de esta hipótesis, que coloca los fenómenos de combustión respiratoria en el seno mismo de los tejidos. Según el citado autor, el oxígeno pasa por difusión desde los glóbulos sanguíneos á las células sumergidas en el plasma de los órganos, verificándose el fenómeno á través de las paredes de los capilares, y bajo la influencia de una propiedad especial de las células vivas.

El autor ha hecho el siguiente experimento: Hace circular lentamente la sangre arterial roja y desfibrinada por una serie de tubos de tripa de buey, delgada, que se sumergen en una papilla de levadura de cerveza disgregada con suero y mantenida á una temperatura de unos 40°. A la salida de los tubos, la sangre está desoxigenada y negruzca como la sangre venosa, y los glóbulos permanecen intactos, habiendo cedido su oxígeno á las células de levadura. Si en vez de ésta se emplea solamente el suero, la sangre permanece arterial y roja.

Para terminar estas indicaciones sumarias, añadiremos que en medio de las numerosas hipótesis para explicar ciertos hechos relacionados con la combustión respiratoria, la ciencia no posee aún

dato alguno preciso sobre el modo de oxidación que experimentan las diversas sustancias destinadas á sufrir la combustión lenta de la economía. Se sabe que esta combustión no se opera bruscamente, sino por grados, transformándose las materias complejas en una serie de productos intermediarios.

Estos productos intermedios, bien se formen por oxidación, bien por hidratación, están destinados á desaparecer á su vez, sufriendo una nueva oxidación, hasta que, de combustión en combustión, las moléculas complejas que forman los elementos de nuestros tejidos se encuentran destruidas y transformadas en los últimos términos de su oxidación, el agua, el ácido carbónico y la urea.

En el estado actual de la ciencia todas estas reacciones pueden ser hipotéticamente admitidas, pero no precisadas con rigor científico. Indudablemente la glucosa desempeña papel importante en estos fenómenos de oxidación, formándose y destruyéndose incesantemente en la economía de los animales superiores.

Las condiciones de nuestro libro no nos permiten la discusión de hechos muy importantes sobre la combustión respiratoria, cuyos hechos preocupan hoy á los sabios, entrando más bien en la esfera de la fisiología que en el terreno propio de la química biológica.

Aplicaciones prácticas. — La higiene y la patología deben estudiar detenidamente cuanto se relaciona con esta función, puesto que la conservación de la salud y el tratamiento de muchas enfermedades se hallan íntimamente ligados con lo que acabamos de exponer.

CAPÍTULO XVII

Digestión. — Digestión bucal. — Saliva en general. — Saliva submaxilar. — Saliva sublingual. — Saliva bucal. — Acción fisiológica de la saliva. — Ptilina. — Digestión estomacal. — Jugo gástrico. — Acidez del jugo gástrico. — Origen del ácido clorhídrico del jugo gástrico. — Pepsina. — Diferentes especies de pepsina. — Substancias que modifican la acción del jugo gástrico. — Jugo gástrico en las enfermedades. — Jugo gástrico en algunos animales. — Funciones digestivas en las plantas. — Acción de los microorganismos en las funciones digestivas.

BIBLIOGRAFÍA. — A. Gautier: *Chim. biol.* — M. Arthus: *Chim. physiol.* — Wurtz: *Chim. biol.* — Cl. Bernard: *Leç. de physiol. expér.* — Hoppe-Seyler: *Physiol. chem.*, pág. 259 y sig. — Kuhne: *Arch. fur pathol.*, t. XXXIX, pág. 43.

Digestión. — La digestión es una función que tiene por objeto convertir las sustancias alimenticias en *absorbibles* y *asimilables*, empezando en la boca y terminando en los intestinos.

Digestión bucal. — El principal elemento que contribuye á ella es la *saliva*, formada por un conjunto de líquidos segregados por diferentes glándulas, como las *parótidas*, *submaxilares*, *sublinguales* y *bucales*, que producen líquidos diferentes entre sí por su origen y propiedades.

La saliva, por consiguiente, es un líquido de constitución esencialmente variable, [puesto que pueden variar constantemente los líquidos que entran [en su composición. Por esta razón conviene estudiar, no sólo el conjunto de este líquido, sino también] las condiciones de los que lo componen.

Saliva en general. — Es un líquido transparente, *filante* y que se enturbia ligeramente en el aire por la precipitación de una débil cantidad de carbonato de cal, mantenida en disolución por el ácido carbónico de la saliva.

La cantidad de ella que produce un adulto en 24 horas es de 600 á 1200 gramos, y los elementos salinos contenidos en ella son cloruros y fosfatos, sales de potasio, de sodio, de calcio, de magnesio y una pequeña cantidad de carbonatos solubles. Su reacción es

alcalina, por más que alguna vez se vuelve ácida, debiéndose este fenómeno á una fermentación láctica de los residuos alimenticios que quedan en las encías ó entre los dientes. Téngase presente que el ácido láctico corroe el esmalte de los dientes y provoca la caries. Su densidad varía entre 1'004 y 1'006.

Mil partes de saliva humana contienen:

	Agua	Residuo seco	Sales
Según Berzelius	992'2	7'40	1'90
Según Hammerbacher	994	5'80	2'21

El análisis de las materias minerales contenidas en la saliva humana calculado sobre 1000 partes, da el siguiente resultado:

Ácido fosfórico.	0'51
Sosa	0'43
Cal.	0'03
Magnesia	0'01
Cloruros alcalinos	0'84

(Jacubowitsch.)

En 100 partes de cenizas obtenidas en el residuo de la saliva humana se encuentran:

Ácido fosfórico	48'848
— sulfúrico	6'380
Cloro.	18'352
Sosa.	9'593
Pot sa	45'714
Cal	5'011
Magnesia	0'155

(Hammerbacher.)

En 1000 partes de saliva se encuentran:

	Perro	Caballo	Vaca
Cloruros alcalinos	5'82	4'92	2'85
Fosfato de sosa.	0'82	»	2'49
Cal y magnesia	0'15	»	0'10
Carbonatos alcalinos	»	1'08	3'38

(Jacubowitsch.)

(Lassaigne.)

Entre los elementos orgánicos de la saliva se encuentran una mucina, un sulfocianuro y una substancia albuminoide. La primera precipita por el ácido acético y constituye una masa filante, blanca, cuya composición centesimal es:

Carbono	48'84
Hidrógeno.	6'80
Nitrógeno.	12'32
Azufre	0'84
Cenizas.	0'35

En el agua se disuelve por adición de pequeñas cantidades de álcalis, dando soluciones neutras incoagulables por el calor y que precipitan por el ácido acético. También contiene la saliva una pequeña cantidad de sulfocianuros que se revelan por las reacciones siguientes:

El papel impregnado de percloruro de hierro puesto en contacto con la saliva presenta manchas rojizas de sulfocianuro. Otra reacción muy sensible de la saliva se obtiene tratando una parte de ésta por una gota de ácido yódico dilatado y después por el engrudo de almidón. El líquido en este caso se hace azul, cuyo fenómeno revela la presencia del sulfocianuro. (Solera.)

También contiene gases la saliva, los cuales pueden extraerse por medio de la bomba de mercurio; en 100 gramos de saliva se encuentran 19 centímetros cúbicos de ácido carbónico con un poco de oxígeno y de nitrógeno.

Cuando se toman como medicamentos los bromuros y los yoduros, una parte de ellos permanece algún tiempo en la saliva. Parece que la azúcar no existe en la saliva de los diabéticos, pero se ha observado el ácido úrico en la de los enfermos de reumatismo, de gota, del hígado, del estómago ó de la piel, y en varios casos, de neuropatías.

Hemos dicho que la saliva es un líquido compuesto por otros que procede cada uno de ellos de diferente origen; veamos ahora la composición y propiedades de cada una de estas salivas parciales.

Saliva submaxilar. — Constituye un líquido claro y viscoso, de reacción alcalina y que en contacto con el aire deposita carbonato de cal. Estudiando este líquido en el perro se han encontrado sobre 1000 partes los siguientes componentes:

Agua	94'40
Residuo seco.	5'60
Materias orgánicas	1'09
Mucina.	0'66
Sales minerales.	3'86
CO ² combinado	0'44

(Bider.)

Saliva procedente de las parótidas. — Se distingue de la anterior por ser más líquida y no contener mucina. En el hombre tiene la siguiente composición:

Agua	993'16
Residuo seco	6'84
Materias orgánicas	3'44
Sales	3'40

(Hoppe-Seyler.)

Saliva sublingual. — Es un líquido poco abundante, muy viscoso, alcalino y rico en materias sólidas, mucina y sales orgánicas.

Saliva bucal. — Es un líquido poco abundante, viscoso y alcalino. La saliva bucal de un perro contiene sobre 1000 partes:

Agua	990'02
Residuo seco	9'98
Materias orgánicas	3'85
Total de sales	6'13

Estas sales se descomponen en

Cloruros y fosfatos de sosa.	5'30
Sales terrosas	0'83

(Bidder y Schmidt.)

Acción fisiológica de la saliva. — La principal y más notable entre ellas es la de sacarificar el almidón.

Esta acción presenta todos los caracteres propios de las fermentaciones diastásicas; por consiguiente, contiene la saliva un fermento amilolítico, al cual se ha dado el nombre de *ptialina*.

Un experimento sencillo puede convencernos de esta propiedad de la saliva. Al efecto, se mastica uno de los discos de almidón cocido, llamados hostias, se diluye en una pequeña cantidad de agua y se vierte sobre un filtro humedecido. El líquido así filtrado, limpio é incoloro, contiene glucosa en cantidad suficiente para reducir la disolución cupropotásica.

Esta acción de la saliva sobre el almidón es una acción diastásica, una verdadera fermentación química que se suspende cuando baja la temperatura y se acentúa á temperaturas inmediatas á 40°.

Vamos á estudiar con alguna detención la acción de la saliva sobre el engrudo de almidón, siguiendo la serie de los fenómenos que se realizan.

Empleamos una disolución que no fermenta por la levadura de cerveza y se colora de azul por el yodo, esto es, la saliva normal. En el momento en que la disolución no se colora de azul por el yodo, observamos en ella las propiedades siguientes:

- 1.º Da un precipitado por el alcohol.
- 2.º Se colora en rojo por el agua yodada.
- 3.º Reduce el líquido cupropotásico.
- 4.º Fermenta por la levadura de cerveza.
- 5.º Contiene sustancias que pertenecen al grupo de las dextrinas y al de los azúcares fermentescibles.

Minuciosos análisis han demostrado que realmente se encuentran aquí dos dextrinas y un azúcar, que es la *maltoza*.

Si la saliva obra más tiempo sobre la disolución de engrudo de almidón, llega un momento en que ésta no se colora en rojo por la acción del yodo, conservando, sin embargo, todas las demás propiedades. En tal caso no contiene la primera de las dextrinas (la *eritrodextrina*); pero conserva la segunda (la *acroodextrina*) y la *maltoza*, siendo esta última mucho más abundante.