

de carbono, expelido por la respiración en estado de ácido carbónico, 5 ó 6 gramos contenidos en la urea, y 12 á 15 en las excreciones sólidas (en cuyos detalles no hemos entrado por no ser enojosos); en total, en número redondo, y para fijar las ideas, 240 gramos próximamente de carbono. Por otra parte, consume 15 á 20 gramos de ázoe, arrojado por las orinas, y 2 ó 3 por las excreciones sólidas, ó sea, igualmente de una manera aproximada, 20 gramos de ázoe. Los alimentos de la ración diaria deben, pues, contener lo ménos los mismos pesos de estos dos elementos esenciales, introducidos en las combinaciones que se prestan á su combustión en el organismo.

El cuerpo humano elimina, por otro lado, cuasi 2.000 gramos de agua y una cierta cantidad de sales minerales; pero estos últimos productos rara vez hacen falta, y podemos, por consiguiente, no detenernos en ellos.

Los mismos razonamientos se aplican evidentemente á todos los animales. Es indispensable para el entretenimiento de la vida, en su estado normal, que el organismo viviente reciba periódicamente una masa de sustancias alimenticias suficiente para dotarle de carbono, ázoe, y agua en cantidades iguales á las que él gasta en el periodo considerado.

Abordando el estudio de los alimentos, la atención debe fijarse desde luego sobre su riqueza en carbono y ázoe. De esta manera es conducido uno á dividir las materias alimenticias en dos clases principales: materias no azoadas y materias azoadas. Las primeras se componen solamente de carbono, oxígeno é hidrógeno. Se las designa bajo el nombre de materias hidro-carbonatadas. Las segundas contienen á la vez carbono, oxígeno, hidrógeno y ázoe. Estas últimas son frecuentemente designadas bajo el nombre de materias albumináceas.

Entre las materias alimenticias azoadas, bastará citar como las más abundantes, la albúmina, la fibrina, la caseína, el glúten, la legúmina, etc. Entre las no azoadas, es necesario distinguir dos divisiones principales, conteniendo á la verdad cada una cuerpos muy numerosos, bastante diferentes por sus propiedades especiales, pero que se acercan mucho por el conjunto de sus caracteres esenciales. La primera de estas divisiones comprende las materias grasas, que encierran un gran número de equivalentes de carbono y de hidrógeno para un número relativamente pequeño de equivalentes de oxígeno. La segunda división de los alimentos de que se trata, comprende las sacarinas ó sustancias transformables en azúcar en la economía, tales como el almidón, ciertos estados de la celulosa, etc.

Bajo el punto de vista de su acción en el organismo, estas dos clases de cuerpos presentan grandes diferencias. Un kilogramo de materia grasa exige cuasi tres veces su peso de oxígeno para transformarse en agua y ácido carbónico, y desprende próximamente durante esta combustión 9.900 unidades de calor. Un kilogramo de materia sacarina, al contrario, para sufrir la misma transformación, no absorbe mucho más que su peso de oxígeno, y desprende solamente unas 3.200 unidades de calor. La producción de una misma cantidad de ácido carbónico por la respiración, responde, pues, á cantidades muy diferentes de calor desprendido, según que el carbono provenga de un alimento ó de otro. Por consiguiente, importa al ménos tanto el tener cuenta de las proporciones relativas de hidrógeno y oxígeno de un alimento, como de su riqueza en carbono.

Las materias azoadas y las grasas predominan en general en la carne de los animales herbívoros, de que se nutren los carnívoros. Las sustancias sacarinas ó de una composición análoga forman al contrario la mayor parte de los vegetales de que se nutren los her-

víboros; pero las plantas contienen también materias azoadas y materias grasas, en un todo semejantes á las que se hallan en la carne de los animales. Las plantas elaboran por consiguiente la mayor parte, y acaso la totalidad de los principios inmediatos que los herbívoros solo modifican ligeramente para asimilarlas.

La composición química elemental de los alimentos, sea del hombre, sea de los animales, es, pues, en todos los casos, el primer punto que se debe consultar en el estudio de la composición de las raciones. Por esto reproducimos aquí las cifras principales dadas con este objeto por diferentes químicos. Desgraciadamente los autores de estos trabajos se han colocado cada uno en el punto de vista que parecia el más importante en el momento de sus investigaciones. Las tablas así dadas son necesariamente muy incompletas, y se ve uno obligado á multiplicar éstas para reunir los principales elementos necesarios al cálculo de las raciones alimenticias.

Hé aquí la composición de un cierto número de alimentos, según M. Payen:

Nombre de los alimentos.	Azoe	Carbono	Grasa	Agua
Carne de buey sin hueso.....	3,00	11,00	2,00	78,00
Carne asada.....	3,53	17,76	5,19	69,89
Raya (pescado).....	3,85	12,25	0,47	75,49
Anguila de mar (congrío).....	3,95	12,60	5,02	79,91
Bacalao salado.....	5,02	16,00	0,38	47,02
Merluza.....	2,41	9,00	0,38	82,95
Lenguado.....	1,91	12,25	0,25	86,14
Sollo.....	3,25	11,50	0,60	77,53
Carpa.....	3,49	12,10	1,09	76,97
Anguila.....	2,00	30,05	23,86	62,07
Huevo de pollo (blanco y amarillo) ..	1,90	13,50	7,00	80,00
Leche de vaca.....	0,66	8,00	3,70	86,50
Queso de Brie.....	2,93	35,00	25,73	45,25
de Gruyere.....	5,00	38,00	24,00	40,00
de Chester.....	4,12	41,04	25,73	35,92
de Holanda.....	4,80	43,54	27,54	36,10
Habas.....	4,50	42,00	2,50	15,00
Alubias.....	3,92	43,00	2,80	9,90
Alubias secas.....	4,15	48,50	2,60	5,10
Lentejas.....	3,87	43,00	2,60	11,50
Guisantes secos ordinarios.....	3,66	44,00	2,10	8,30
Guisantes sueltos socados en verde...	3,91	46,00	2,00	9,70
Trigo duro del Mediodía.....	3,00	41,00	2,10	12,00
Trigo tierno.....	1,81	39,00	1,75	14,00
Harina blanca de Paris.....	1,64	38,50	1,80	14,00
Harina de centeno.....	1,75	41,00	2,25	15,00
Cebada de invierno.....	1,90	40,00	2,20	13,00
Maiz.....	1,70	44,00	8,80	12,00
Trigo negro de Africa.....	2,20	42,50	2,84	12,00
Arroz.....	1,80	41,00	0,80	13,00
Harina de avena.....	1,95	44,00	6,10	13,00
Pan blanco de Paris.....	1,08	29,50	1,20	35,00
Pan de municion.....	1,20	30,00	1,50	35,00
Pan de harina de trigo duro.....	2,20	31,00	1,70	37,00
Patatas.....	0,33	11,00	0,10	74,00
Zanahorias.....	0,31	5,05	0,15	88,00
Castañas ordinarias.....	0,64	35,00	4,10	26,00
Nueces frescas.....	1,40	10,65	3,62	85,50
Tocino.....	1,18	71,14	71,00	20,00
Manteca fresca.....	0,64	83,00	82,00	14,00
Aceite de olivo.....	señales	98,00	96,00	2,00
Vino.....	0,015	4,00	.	90,00

En esta tabla, dice M. Payen, la segunda columna comprende el carbono y su equivalente, representado algunas veces por el exceso del hidrógeno sobre las proporciones necesarias para formar agua con la cantidad de oxígeno que se halla en la misma sustancia. Si el laborioso M. Payen hubiese fijado su atención sobre la importancia de la determinación del hidrógeno en exceso, es bien seguro, no hubiese dudado en dosarlo directamente para completar su trabajo en este punto.

A falta de esta determinación no se podrán emplear las cifras que preceden para el cálculo del calor producido por la combustión de los alimentos que contienen notables proporciones de materias grasas.

M. Horsford ha calculado las cenizas, azufre, ázoe y agua de un cierto número de alimentos. Reproducimos igualmente estas cifras á título de prueba. Ahora es útil comparar las unas con las otras en los resultados obtenidos sobre productos de la misma naturaleza, pero recogidos en comarcas distintas.

Nombre del alimento	Azoe	Azufre	Cenizas	Agua del alimento fresco
Harina de trigo de Viena núm. 1.....	3,00	0,23	0,70	13,85
" " " núm. 2.....	2,12	0,15	0,66	13,65
" " " núm. 3.....	3,44	0,25	1,10	12,73
Trigo de Talavera de Hohenheim.....	2,59	0,18	2,80	15,43
" de Whillington " 	2,68	0,19	3,13	13,93
" de Sandomir " 	2,69	0,19	2,40	15,48
Harina de centeno de Viena núm. 1....	1,87	0,13	1,33	13,78
" " " núm. 2....	2,93	0,21	1,07	14,68
Centeno (Standenrogen) de Hohenheim..	2,78	0,15	0,86	13,94
" (Schilfroggen) de " 	2,47	0,18	2,37	13,82
Maíz de Hohenheim.....	2,30	0,16	1,92	14,96
Avena de Giesen.....	2,07	0,15	2,01	14,40
Cebada de Hohenheim.....	2,31	0,16	2,84	16,79
" de invierno.....	2,79	0,20	5,52	13,80
Avena blanca de Hohenheim.....	2,82	0,20	4,14	12,94
Avena de Kamchatka de Hohenheim...	2,39	0,17	3,26	12,71
Arroz ordinario.....	2,16	0,08	0,36	15,14
Harina de trigo negro de Africa.....	1,08	0,07	1,09	15,12
Trigo negro de Tartaria de Hohenheim..	1,56	0,11	2,30	14,19
Guisantes verdes de Viena.....	4,42	0,14	3,18	13,43
" de Giesen.....	4,57	0,14	2,79	19,50
Alubias de Viena.....	4,47	0,14	4,38	13,41
Habas.....	4,59	0,14	4,01	15,80
Lentejas.....	4,77	0,15	2,00	13,01
Patatas blancas.....	1,56	0,11	3,71	74,95
" violáceas.....	1,20	0,08	3,36	68,94
Zanahorias.....	1,67	0,12	5,77	86,10
Remolacha.....	2,43	0,17	6,43	81,61
Rábanos.....	1,81	0,13	5,02	82,25
Berza.....	1,78	0,14	7,02	87,78
Cebolla.....	1,18	"	8,53	93,78

La importancia preponderante atribuida durante largo tiempo á la riqueza en ázoe de los alimentos, y la facilidad de medir este elemento, ha conducido á ejecutar muchas determinaciones. Citarémos las cifras obtenidas por MM. Schollossberger y Kemp, operando sobre sustancias secas.

Alimentos	Az. p. 100 seco	Alimentos	Az. p. 100 seco
Leche de vaca.....	3,78	Arenque tratado por alcohol her-	
" de mujer.....	1,50	vido.....	14,54
Queso de Dunlop.....	6,03	Pasta de arenque.....	14,60
" holandés de Gouda.....	7,11	Bacslao fresco.....	14,64
" de Chester.....	6,75	" cocido.....	12,98
" de Gloucester doble.....	6,93	" tratado por alcohol.....	15,72
" de Gloucester viejo.....	5,27	Platija cruda.....	14,18
Amarillo del huevo.....	13,14	" cocida.....	15,18
Aceites.....	5,25	Raya cruda.....	13,66
Almejas crudas.....	8,41	" cocida por alcohol.....	15,22
" cocidas.....	10,15	Paloma cruda.....	12,10
Hígado de paloma.....	11,80	" cocida.....	12,33
Anguila cruda.....	6,91	Cordero crudo.....	13,26
" cocida.....	6,82	Carnero crudo.....	11,30
Salmon fresco.....	12,35	" cocido.....	13,55
" cocido.....	9,70	Buey crudo.....	13,87
Arenque crudo.....	14,48	Jamon crudo.....	8,57
" cocido.....	12,85	" cocido.....	12,48
		Blanco del huevo.....	13,44

Las sustancias empleadas en la alimentación de los animales contienen, como las precedentes, materias azoadas, grasas y sacarinas, ó fáciles de trasformarse en azúcar dentro del organismo. La composición de los forrajes varía mucho de una muestra á otra de semejantes productos, según los terrenos en que las plantas han vegetado, y aún según el año de la recolección. Sería, pues, muy útil poseer numerosos análisis de forrajes, de comarcas y años conocidos. Desgraciadamente las cifras que se poseen rara vez están acompañadas de estas indicaciones. Es necesario, pues, considerar como términos de comparación, sin atribuirles, en general, un valor absoluto.

Como ejemplo de análisis elemental completo de materias empleadas en la alimentación de animales, reproducirémos las cifras obtenidas por M. Boussingault en sus averiguaciones sobre la alimentación de una vaca y de un caballo.

Alimentos	Cenizas	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Azoe
Patatas.....	5,00	44,1	5,8	43,9	1,2
Heno.....	10,00	47,1	5,6	34,9	2,4
Heno de prado.....	9,00	45,8	5,0	38,7	1,5
Avena.....	4,00	50,7	6,4	36,7	2,2

Estas cifras se aplican á sustancias secas en el vacío á 110°: en el estado natural las patatas contienen 72,2 por 100 de agua; el heno 13,8; el heno de prado 13,8, y en fin, la avena 13,1 por 100.

El cuadro siguiente da la composición de cierto número de sustancias destinadas á la alimentación de los animales. Para los alimentos más ordinarios hemos dado muchos análisis, á fin de indicar entre qué límites varían las proporciones de ciertos elementos. Cuando el cuadro no contiene sino un solo análisis de un alimento, hemos dado la cifra que hemos creído aproximarse más al término medio.

Nombres de los alimentos	Agua	Azoe	Materias grasas	Nombres de los alimentos	Agua	Azoe	Materias grasas
	por 100				Por 100		
Yerba de prado natural..	22,0	0,86	1,4	Vainas de legumbre....	14,0	0,61	1,6
Id.	13,0	1,11	3,8	Hojas de remolacha....	91,0	0,40	0,6
Id.	10,0	2,10	6,0	Id. chirivias.....	82,2	0,49	1,0
Yerba verde.....	73,0	0,45	0,9	Id. papas.....	80,0	0,51	0,8
Heno de prado natural..	21,0	1,27	2,1	Id. maíz.....	72,0	0,95	0,9
Id.	14,1	1,91	3,5	Remolacha.....	82,0	0,43	0,1
Id.	12,0	2,75	7,0	Chirivias blancas.....	86,0	0,23	0,17
Yerba.....	20,5	1,85	2,4	Zanahorias.....	88,5	0,25	0,2
Id.	15,0	2,20	3,5	Nabos.....	86,0	0,25	0,15
Id. de Vacluse.....	18,3	2,05	2,8	Patatas amarillas.....	76,0	0,38	0,2
Id. verde.....	75,0	0,35	0,7	Id. rojas.....	70,0	0,48	0,2
Trébol rojo.....	21,5	1,15	1,5	Papas.....	79,3	0,32	0,3
Id. id.....	20,0	1,63	3,1	Avena.....	16,0	1,00	5,1
Id. id.....	13,0	2,72	3,6	Id.	14,0	1,83	5,6
Id. rojo en verde.....	82,0	0,40	0,6	Id.	8,0	3,20	7,3
Id. blanco.....	17,0	2,23	3,5	Cebada de invierno....	13,0	2,06	3,8
Id. encarnado.....	18,0	1,85	3,0	Centeno.....	14,0	1,90	2,0
Zulla.....	16,0	2,07	2,5	Trigo negro de Africa...	13,0	2,01	3,9
Junco espinoso y verde.	52,0	0,69	2,0	Maíz de Alsacia.....	17,0	1,92	7,0
Paja de trigo.....	26,0	0,29	2,2	Haba pequeña.....	12,5	4,90	2,0
Id. centeno.....	18,0	0,23	1,5	Algarrobas.....	14,6	4,20	2,7
Id. avena.....	21,0	0,29	5,1	Pulpas de destilaciones			
Id. de cebada de invierno.	14,2	0,29	1,7	de remolachas.....	91,0	0,15	0,1
Pajas delgadas de trigo.	11,5	0,80	1,4	Roeduras de lino.....	12,0	4,30	9,0
Paja de colza.....	19,0	0,43	1,3	Id de berza.....	14,0	4,20	8,0

No solamente la composición de los forrajes varía de una comarca á otra, sino puede suceder que forrajes que tengan sensiblemente la misma composición elemental, contengan proporciones distintas de materias no digeribles. Esta última circunstancia lleva una complicación más al estudio de las raciones de forraje, sobre la que tendremos muchas veces que referirnos con detalles.

UTILIDAD DE LA ASOCIACION DE ALIMENTOS DIFERENTES. Es bastante raro que un alimento contenga ázoe y carbono en la proporción conveniente para bastar por sí solo, sin déficit ni exceso, á la nutrición de un ser viviente. Un hombre, cuyas excreciones contendrán, por ejemplo, 21 gramos de ázoe por día, deberá consumir 2^{kil.}100 de pan para hallar en este alimento el peso de ázoe que pierde en 24 horas. Pero en 2^{kil.}100 de pan hay más de 600 gramos de carbono, mientras que el hombre no gasta sino 230 gramos próximamente.

La ración de pan calculada bajo el punto de vista del ázoe sería demasiado rica en 360 gramos de carbono que se perderían en las secreciones, ó por una combustión respiratoria exagerada. El mismo individuo hallaría en 700 gramos de carne el ázoe necesario para sus secreciones. Pero estos 700 gramos de carne no contendrían sino 77 gramos de carbono, y por consiguiente, tendría una enorme pérdida de este elemento. Si se aumenta la ración de carne bastante para hallar los 230 gramos de carbono, el ázoe estaría á su vez en gran exceso y el estómago no soportaría largo tiempo, sin inconveniente, un régimen semejante.

Para llegar á una ración conveniente es necesario, pues, mezclar los alimentos demasiado azoados con alimentos muy ricos en carbono. Así, adoptando aun los datos precedentes, se reconoce fácilmente que una ración compuesta de 592 gramos de pan y 500 gramos carne, contiene casi exactamente 21 gramos de ázoe y 230 de carbono. Este ejemplo basta para hacer concebir los principios del cálculo de las raciones segun su composición elemental. No insistiremos aquí sobre este punto, que será más adelante examinado en detalle.

La composición química elemental de una sustancia no basta sola para determinar su valor como alimento. La naturaleza de los principios inmediatos debe tomarse en consideración. El azúcar y la goma, por ejemplo, que tienen la misma composición elemental, se conducen en la economía de una manera enteramente diferente. El azúcar atraviesa las membranas del canal digestivo y penetra en la circulación; la goma, al contrario, sale en gran parte en las secreciones sólidas, sin haber servido al acto respiratorio.

Experimentos muy concluyentes ponen, pues, en evidencia la utilidad de la mezcla de principios inmediatos diferentes en la ración diaria. Cualquiera que sea la cantidad de albúmina que se quiera ingerir á un pato, no puede, segun las observaciones de M. Boussingault, digerir más de 1^{ra.}26 por hora; esta cantidad de albúmina encierra menos carbono que lo que gasta en el mismo tiempo la respiración del animal, es decir, que moriría de inanición si no pudiera consumir sino la albúmina. Alimentado de gelatina sola, el mismo pato no digeriría sino 4^{ra.}40 por hora, y arrojaría el resto; pero dándole á la vez los dos alimentos, digeriría casi tanto de cada uno de ellos, y obtendría por la suma de estos alimentos una ración más que suficiente para su conservación. Lo mismo el azúcar solo, la fibrina sola, ó la grasa sola, no bastarían para nutrir un perro, mientras que una mezcla de estas tres sustancias le daría una ración bajo cuya influencia engrosaría rápidamente. Estos hechos corroboran los que ya se han citado ántes, y permiten explicar cómo ciertas mezclas constituyen una alimentación mixta más ventajosa que no lo sería igual peso de los mismos alimentos ingeridos aisladamente con intervalos separados.

TEMPERATURA DE LOS ALIMENTOS INGERIDOS. La temperatura de los alimentos en el momento de su introducción obra también sobre la economía animal, no solamente en razón de la cantidad de calor más ó menos grande que la masa alimenticia lleva á los órganos para ponerse en equilibrio con ellos, sino en razón también de la impresión especial producida sobre las membranas de la boca, garganta y estómago. La temperatura más conveniente al alimento parece variar con la especie animal: el pequeño número de experimentos hechos sobre este punto, de que se hablará más adelante, basta para probar el interés de estas cuestiones para la práctica de la manutención, conservación ó cebamiento de los animales.

ORIGEN DE LA GRASA DE LOS HERBÍVOROS. Los herbívoros hallan enteramente formada en los vegetales que consumen la mayor parte, y muchas veces la totalidad, de la grasa que se fija en sus tejidos. Pero bueno es establecer ahora que ciertos animales, las abejas, los gansos, por ejemplo, pueden contener más grasa que la que encierran los alimentos consumidos. Hace mucho tiempo que está admitido que los azúcares, oxidándose parcialmente en la economía, pueden transformarse en agua, ácido carbónico y materias grasas. Pero es dudoso que las cosas pasen tan simplemente. La formación de la grasa, cuando no se halla enteramente en los alimentos, es el resultado, en parte al menos, de un desmenuamiento acompañado de una oxidación, reacción de que la Química presenta hoy día numerosos ejemplos. Importa, pues, mucho, bajo el punto de vista de cebamiento del animal, descubrir los principios inmediatos vegetales que mejor se prestan á esta transformación. Se volverá sobre este punto más adelante, á propósito del estudio de las yerbas de los prados.

Queda por fijar ahora el peso de los diversos alimentos necesarios al entretenimiento de un kilogramo viviente de cada animal; pero no pudiendo tratar aquí esta cuestión en toda su generalidad, la examinaremos solamente con los detalles necesarios para el hombre y animales de trabajo en los dos capítulos siguientes.