

## Presentación

La fisiología (del griego *πηψισις* *physis*, "naturaleza", y *λογος* *logos*, "conocimiento, estudio") es la ciencia biológica que estudia las funciones de los seres orgánicos.

Esta forma de estudio reúne los principios de las ciencias exactas, dando sentido a aquellas interacciones de los elementos básicos de un ser vivo con su entorno y explicando el por qué de cada diferente situación en que se puedan encontrar estos elementos. Igualmente, se basa en conceptos no tan relacionados con los seres vivos como pueden ser leyes termodinámicas, de electricidad, gravitatorias, meteorológicas, etc.

Para que la fisiología pueda desarrollarse hacen falta conocimientos tanto a nivel de partículas como del organismo en su conjunto interrelacionando con el medio. Todas las teorías en fisiología cumplen un mismo objetivo, hacer comprensibles aquellos procesos y funciones del ser vivo y todos sus elementos en todos sus niveles.

En función del tipo de organismo vivo, podemos distinguir tres grandes grupos:

1. Fisiología vegetal dentro de esta la fitofisiología y desarrollada a taxones específicos de plantas
2. Fisiología animal y dentro de ésta la fisiología humana.

El estudio de la fisiología humana se remonta al menos a 420 a. C. en tiempos de Hipócrates, el padre de la medicina. El pensamiento crítico de Aristóteles y su énfasis en la relación entre estructura y función marcó el inicio de la fisiología en la antigua Grecia, mientras que Claudio Galeno (c. 126-199 d. C.), conocido como Galeno, fue el primero en utilizar los experimentos para probar la función del cuerpo. Galeno fue el fundador de la fisiología experimental. Los antiguos libros indios de Ayurveda, el Sushruta Samhita y el Charaka Samhita, también son importantes en las descripciones de la anatomía y la fisiología humanas, vegetales y animales.

Durante la Edad Media, las antiguas tradiciones médicas griegas e indias fueron desarrolladas por los médicos musulmanes, sobre todo de Avicena (980-1037),

quien introdujo la experimentación y la cuantificación en el estudio de la fisiología en el Canon de la Medicina. Muchas de las antiguas doctrinas fisiológicas fueron finalmente desacreditadas por Ibn al-Nafis (1213-1288), quien fue el primer médico en describir correctamente la anatomía del corazón, la circulación coronaria, la estructura de los pulmones y la circulación pulmonar, y es considerado el padre de la fisiología circulatoria. También fue el primero en describir la relación entre los pulmones y la oxigenación de la sangre, la causa de la pulsación, y un concepto inicial de la circulación capilar.

A raíz de la Edad Media, el Renacimiento trajo consigo un aumento de la investigación fisiológica en el mundo occidental que ha activado el estudio moderno de la anatomía y la fisiología. Andreas Vesalio fue autor de uno de los libros más influyentes sobre anatomía humana, *De humani corporis fabrica*. Vesalio es tenido a menudo como el fundador de la anatomía humana moderna. El anatomista William Harvey describió el sistema circulatorio en el siglo XVII, que fue fundamental para el desarrollo de la fisiología experimental. Herman Boerhaave es tenido a veces como el padre de la fisiología, debido a su enseñanza ejemplar en Leiden y a los libros de texto *Medicae Institutiones* (1708).

En el siglo XVIII, obras importantes en este campo fueron las de Pierre Cabanis, médico y fisiólogo francés.

En el siglo XIX, los conocimientos fisiológicos comenzaron a acumularse a un ritmo rápido, más notablemente en 1838 con la teoría de la célula de Matthias Schleiden y Theodor Schwann, que radicalmente declaró que los organismos están formados por unidades llamadas células. En (1813-1878), nuevos descubrimientos de Claude Bernard condujeron a su concepto de medio interno, que más tarde sería retomado y defendido como "homeostasis" por el fisiólogo estadounidense Walter Cannon (1871-1945).

En el siglo XX, los biólogos también se interesaron en los organismos distintos de los seres humanos. Han sido importantes en estos campos Knut Schmidt-Nielsen y Jorge Bartolomé. Más recientemente, la fisiología evolutiva se ha convertido en una especialidad distinta.

Los sistemas endocrino y nervioso juegan un papel importante en la recepción y transmisión de las señales que integran la función. La homeostasis es un aspecto

importante en lo que respecta a las interacciones dentro de un organismo, incluyendo a los humanos.

## Capítulo 1

### EL OCÉANO PERSONAL

#### **Contenido:**

1. *La substancia que creó nuestro planeta*
2. *Agua viva*
3. *Agua muerta*
4. *¿Cuál es nuestro peso?*
5. *Lágrimas de cocodrilo*
6. *¿Beben los peces?*
7. *¿Puede exprimirse el aire?*
8. *Fábrica de agua*

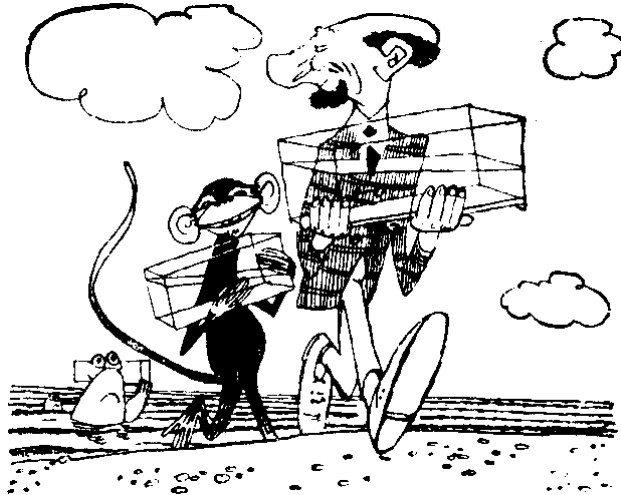
#### **1. La substancia que creó nuestro planeta**

Cuando el astrónomo orienta el telescopio para observar algún planeta vecino de la Tierra, siempre le preocupa si allí hay agua y oxígeno. Este interés no es casual, pues en caso de que fueran descubiertas estas substancias en cualquier planeta en cantidades suficientes, podría suponerse que exista vida, aunque en algo parecida a la nuestra. Es precisamente el agua la que creó la Tierra, haciéndola tal como es en el momento y la que engendró la vida. Es más, el agua es la substancia más asombrosa de la Tierra, y cuando más la conocemos, tanto más nos sorprende.

Probablemente son pocos los que reflexionan ante las cualidades sorprendentes que posee el agua, y eso, tal vez, es comprensible, pues ésta nos rodea por doquier y es muy común en nuestro planeta. El agua ocupa  $\frac{3}{4}$  partes de la superficie terrestre; cerca de  $\frac{1}{5}$  de la tierra firme está cubierta de agua sólida (hielo y nieve) y una buena mitad, está cubierta de nubes, formadas de vapores y pequeñísimas gotas de agua. Además, allí, donde no hay ningunas nubes, el aire siempre contiene vapores de agua. Es tan común en nuestro planeta, que incluso el 71% del cuerpo humano está compuesto de agua. Y, aunque lo habitual nunca parece ser asombroso, esta cosa tan normal resulta ser extraordinaria, pues en la Tierra no existe otra

substancia que se encuentre en tan grandes cantidades y, además, en los tres estados simultáneamente: ¡sólido, líquido y gaseoso!

El agua creó el clima de la Tierra. Si no fuera por ésta, nuestro planeta ya se habría enfriado hace tiempo y la vida habría desaparecido. La capacidad calorífica del agua es altísima. Al calentarse, ésta absorbe mucho calor; en cambio, al enfriarse, lo



devuelve. Los océanos, mares y otros depósitos de agua de nuestro planeta, así como los vapores que se encuentran en el aire, desempeñan el papel de acumuladores de calor: en los días de buen tiempo absorben calor, mientras que cuando hace frío lo despiden, calentando así el aire y todo el espacio circundante.

El frío cósmico ya hubiera penetrado hace tiempo en la Tierra, si ésta no estuviese envuelta con un buen abrigo

- la atmósfera del planeta, mientras que los vapores de agua desempeñan el papel de la guata del abrigo. En los desiertos, donde el aire contiene muy pocos vapores de agua, resulta que este abrigo tiene agujeros. Aquí, la Tierra, al no estar protegida del Sol, durante el día se calienta mucho, mientras que en el transcurso de la noche le da tiempo a enfriarse. Por eso es que en los desiertos suceden cambios de temperatura tan bruscos.

Al fin y al cabo, la Tierra se hubiera enfriado si no fuese porque el agua posee también otra cualidad sorprendente. Como se sabe, casi todas las sustancias se contraen al enfriarse, y el agua es la única que se dilata. Si ésta se contrajese, el hielo sería más pesado que el agua y se hundiría. Con el tiempo, toda el agua se convertiría poco a poco en hielo y entonces la Tierra se cubriría de una capa liviana de atmósfera gaseosa, privada de vapores de agua.

Una de las cualidades sorprendentes del agua es el elevadísimo calor de fusión latente y de vaporización. Gracias a esto es posible la vida en el clima tórrido. Al evaporar el agua (o sea, al despedir gran cantidad de calor), los animales y el

hombre pueden conservar la temperatura corporal mucho más baja que la temperatura del aire.

Además, el agua ocupa una posición absolutamente extraordinaria en la naturaleza, porque sin ésta la vida sería imposible. La sustancia viva surgió en los mares primitivos a expensas de las sustancias que habían disueltas en éstos. A partir de entonces, todas las reacciones químicas, que se producen en cada célula de cualquier animal o planta, transcurren entre las sustancias disueltas.



De todas las cualidades maravillosas que posee el agua, es probable que la menos conocida sea su propiedad de originar una película superficial excepcionalmente resistente, que se forma a causa de la atracción fuerte y mutua de las moléculas de sus capas más superficiales.

La fuerza de la tensión superficial del agua es tan grande que puede mantener objetos que, al parecer, no deben flotar. Si colocamos con cuidado una aguja de acero o una hoja de afeitar sobre la superficie del agua, de tal manera que no se rompa la película al hacer algún movimiento torpe, veremos que estos objetos no se hundirán.

La vida de muchos insectos está vinculada con esta película superficial. El tejedor vive en la superficie del agua, nunca se sumerge en ésta, pero tampoco sale a tierra firme. No es capaz de bucear ni de nadar, sólo puede deslizarse por la superficie del agua por medio de sus patas desmesuradamente abiertas, igual que los esquiadores al deslizarse por la nieve. Este roza el agua con las puntas de sus patas, cubiertas espesamente de pelitos. La película superficial se curva bajo el peso de los tejedores, pero jamás se rompe.

Las larvas de los mosquitos, los escarabajos acuáticos y los distintos caracoles se cuelgan a la película por la parte inferior. Los caracoles no sólo se sujetan, sino que

también pueden deslizarse por ésta, no peor que por cualquier otra superficie sólida.

Hace tiempo que los científicos notaron que cuanto más limpia es el agua, tanto mayor será el esfuerzo que habrá que ejercer para romper su superficie. El agua se hace menos resistente cuando las moléculas de las sustancias disueltas en ésta (en primer lugar las de los gases) penetran entre las moléculas del agua. El agua depurada, aunque no completamente (siempre queda cierta cantidad de moléculas de impurezas extrañas), posee una resistencia extraordinaria. Para romper una columna de 2,5 centímetros de diámetro es necesario aplicar una fuerza de casi 900 kilogramos. Esa es, aproximadamente, la resistencia de algunos aceros. Sin embargo, este no es el límite. Los científicos han calculado: ¡para romper semejante columna de agua, absolutamente pura, se necesita una fuerza de 95 toneladas! Si existiese en la Tierra un lago de agua pura, se podría andar e incluso patinar por su superficie, igual que por el hielo.

## 2. Agua viva

¿Saben ustedes por qué casi todos los cuerpos se dilatan al calentarlos? Eso no es difícil de entender. Se intensifica el movimiento de las moléculas que componen su cuerpo. El apretamiento llega hasta tal punto que con frecuencia chocan unas moléculas con otras, empujando así a sus vecinos, y el cuerpo se dilata. ¿Por qué el comportamiento del agua es otro?

La molécula de agua se compone, como se sabe, de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Estos átomos están situados en forma de un triángulo. Uno de sus ángulos lo ocupa el oxígeno, los otros dos, los protones, que son los núcleos de los átomos de hidrógeno, pero las órbitas de sus electrones solitarios están muy estiradas hacia el lado opuesto.

Cuando baja la temperatura del agua y disminuyen los movimientos térmicos de las moléculas, las cualidades electromagnéticas de las moléculas del agua son más fuertes que estos movimientos. Las moléculas aisladas empiezan a unirse, como si se tendieran las manos una a la otra: dos protones atraen cada uno a un electrón de las moléculas vecinas, mientras que sus propios electrones son atraídos por los protones de otras moléculas. Como resultado cada molécula de agua queda ligada a



otras cuatro, formando así una bonita red cristalina afiligranada con tan grandes espacios en el interior, que en cada uno de éstos podría situarse libremente una molécula de agua.

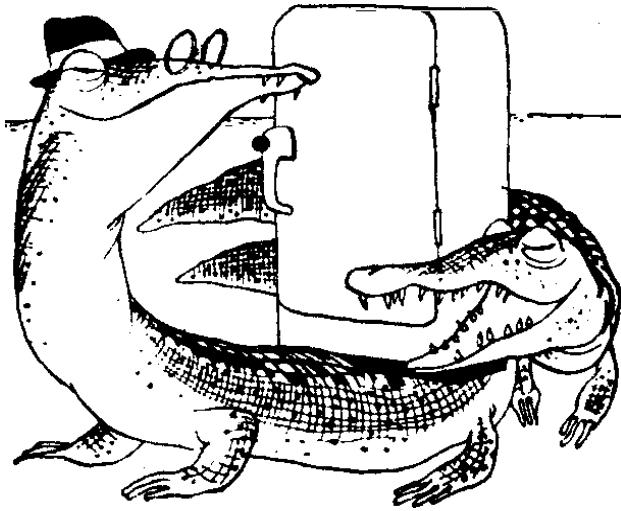
Al elevarse la temperatura se intensifican de nuevo los movimientos térmicos de las moléculas, las cohesiones entre éstas se encorvan y se rompen y el hielo se derrite. Las moléculas desprendidas caen en los espacios vacíos y el volumen del agua se reduce.

¿Cómo se comportan las moléculas en el agua líquida? Los científicos comenzaron a estudiar este problema hace poco, relativamente. En general, para el físico y el biólogo, el agua es un problema casi olvidado; no resulta extraño, que las primeras investigaciones sorprendieron a los científicos. El agua formada del hielo derretido conserva durante mucho tiempo su estructura. Naturalmente, no toda: en el agua derretida flota un sinnúmero de islitas de agua, que conservan la estructura del hielo, "tempanitos", como las llaman los científicos. Estos tempanitos no se "derriten" incluso calentando el agua hasta 30 grados y sólo al elevar más la temperatura es cuando comienza a disminuir el número de estas islitas, que se destruyen rápidamente después de los 40 grados y también por la acción del tiempo.

¿Cómo reaccionan los organismos frente a estos tempanitos invisibles para el ojo? Los científicos tuvieron aquí que recordar multitud de hechos, que, aunque ya se conocían hace tiempo, resultaban poco comprensibles y, además antes no se les daba gran importancia. Por ejemplo, ¿por qué en la zona de deshielo crecen tan impetuosamente los microorganismos? ¿Por qué los huevos y las crisálidas de muchos insectos que viven en latitudes templadas necesitan de un fuerte enfriamiento, sin el cual no pueden desarrollarse? ¿Por qué las crías de animales y aves que beben agua de fusión crecen más rápido y se enferman menos? ¿Es posible que no sea casual que las crías de muchos animales nazcan a comienzos de la primavera y las aves oriundas de la lejana África y de la India vengan al norte a reproducirse?

Todos estos enigmas aislados, como podría parecer ahora están enlazados por un eslabón: frío, hielo y agua de fusión.

A los científicos no les gusta detenerse a medio camino. Hacía falta aclarar a qué se parece el agua de los organismos vivos. Se consideraba que ésta rellenaba simplemente los espacios entre las moléculas grandes. Esta suposición resultó ser errónea. Como se ha aclarado, la envoltura de la mayoría de las moléculas del



organismo y las moléculas gigantes vivas, con cuya comparación las moléculas de agua son insignificamente pequeñas, son atraídas y alineadas a lo largo de su superficie en un orden estricto y determinado, formando un retículo cristalino, parecido al hielo. Cuanto más grande es la molécula, tanto más gruesa será la envoltura "glacial". El protoplasma de las células y el líquido

intertisular están rellenos de numerosos témpanos de hielo. ¡El organismo "congela" una parte considerable del agua contenida en él! He aquí la adivinanza de la benéfica influencia del frío y del agua de fusión: el "hielo" es imprescindible para el organismo, el agua se "vivifica" cuando está "congelada".

El agua viva posee otra propiedad importante. Resulta que la mayoría de las moléculas de las proteínas, de las grasas y de los hidratos de carbono, por su estructura concuerdan perfectamente con la estructura del hielo, encajando bien en las cavidades de su retículo cristalino. Por eso, al congelarse el agua, el hielo no daña las moléculas.

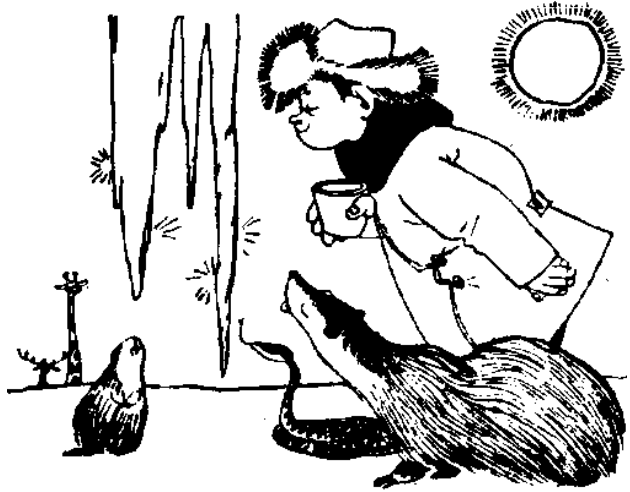
El comportamiento del agua es totalmente distinto con relación a las moléculas, cuya forma no se asemeja a la estructura del hielo: al congelarse, ésta rompe las moléculas grandes y expulsa a las pequeñas. Recuerden que el hielo en el Océano Glacial Ártico es dulce, porque el agua, al congelarse, se libera de las sales.

Las moléculas en un organismo vivo pueden variar su forma merced a distintas causas. Por lo visto, cuando el proceso ha llegado bastante lejos, dicha molécula ya no es capaz de formar una costra de "hielo" en su superficie. La molécula dañada puede repararse con pequeñísimos témpanos.

"Adhiriéndose" a fuerza de frío a las moléculas encorvadas, los témpanos las enderezan, dándoles la configuración normal.

Es posible que una de las causas del envejecimiento del organismo se deba a la acumulación de una cantidad de

moléculas dañadas. Si esa suposición fuese correcta, entonces el organismo podría rejuvenecerse abasteciéndole con una cantidad suficiente de témpanos. Para eso hace falta, o bien bajar mucho la temperatura del organismo, para que en éste comiencen a surgir témpanos aislados (experimentos similares con animales dieron un efecto rejuvenecedor bueno y prolongado), o bien dar a tomar



tempanitos preparados, de lo que se deduce la acción favorable del agua de fusión.

Desde este punto de vista es más conveniente para el organismo consumir agua sin hervir que agua hervida. En el agua, bajo el influjo de la alta temperatura, se destruye totalmente el retículo cristalino del hielo y las moléculas inician otras ligaduras. Ahora bien, para congelar el agua hervida hay que romper las ligaduras, lo cual no es cosa fácil. Si en invierno ponemos al frío agua bastante limpia y acabada de hervir, entonces, violando todas las leyes escritas en los manuales de física, ésta se congelará no a cero grados, sino a 7 grados bajo cero. Lo mismo ocurre en el organismo. Para que las moléculas vivas del té acabado de beber puedan construir a su alrededor "témpanos de hielo", en primer lugar, es necesario destruir las ligaduras que existen entre las moléculas de agua que se produjeron al hervirla.

El agua que no se congela a una temperatura por debajo de cero se denomina sobreenfriada. Cuando en el organismo hay mucha agua "sobreenfriada" aumenta el acumulo de productos nocivos. Pues al "congelarse", el agua se purifica, expulsando las impurezas nocivas de su retículo. Esto representa una desventaja más en cuanto al consumo de agua hervida.

Naturalmente, con esto no se agota la importancia que tiene el agua viva para el organismo. Se supone que los "témpanos de hielo" ejecutan una función muy primordial en el trabajo muscular. Se sabe que la energía para la contracción de los músculos se obtiene al desintegrarse el trifosfato de adenosina, sin embargo, lo que sucedía en este momento seguía siendo un enigma. El estudio del estado del agua en el organismo ha presentado la contracción muscular en un nuevo sentido. La proteína miosina ejerce la función de la parte de trabajo de los músculos, cuya cadena, al igual que un collar, está formada de numerosas protomiosinas. La ligadura entre éstas es tan fuerte, que no sólo las mantiene juntas, sino también puede concentrar la cadena de protomiosinas en una formación más compacta. La fuerza, mediante la cual ésta se mantiene en estado tirante, es, por lo visto, el retículo cristalino del agua, la coraza de "hielo" que se forma alrededor de la molécula de miosina. Al destruir rápidamente la coraza, la cadena de protomiosinas liberada se contraerá, condensándose en una masa más consistente. Precisamente, es en la destrucción de la envoltura de "hielo" y no en la propia contracción, donde se consume la energía obtenida por medio del trifosfato de adenosina. Luego, la molécula de miosina restablece la envoltura en forma de hielo; el "hielo" extiende de nuevo la cadena de protomiosinas y se produce el relajamiento de los músculos. La envoltura de hielo se destruye instantáneamente. Si un protón libre se encuentra cerca del témpano, una de las moléculas de agua lo admite en su composición. Pero como en la molécula pueden haber sólo dos protones, entonces ésta entrega al mismo tiempo uno de sus protones a la molécula vecina. Esta, al recibir un protón ajeno, entrega uno de los suyos a sus vecinos y así sucesivamente. Esta reacción se propaga al instante, como la corriente eléctrica, por toda la hilera de moléculas de agua, y el témpano se derrite al momento. (Las moléculas se mantenían unas al lado de las otras gracias a las ligaduras formadas por los protones y al entregar los protones éstas se rompen.)

### **3. Agua muerta**

Esto ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial. Entre los terribles acontecimientos de aquellos días tres de ellos extraordinariamente misteriosos quedaron desconocidos o no despertaron gran interés.

El primero sucedió en Francia.

El 16 de mayo de 1940 cuando las tropas fascistas avanzaban hacia París dos científicos franceses del laboratorio de Federico Joliot Curie salían para el sur de Francia. Ellos llevaban en recipientes soldados 185 kilogramos de agua. En Burdeos la embarcaron en el buque inglés "Brempark". A bordo del buque construyeron una balsa en la que, fijaron bien todos los recipientes. En caso de que los submarinos enemigos echaran a pique el buque de todos modos el agua no se perdería. Sin embargo el viaje transcurrió felizmente y la carga llegó íntegra a Inglaterra.

El segundo acontecimiento misterioso ocurrió en Dinamarca; cuando este país estaba ocupado por los fascistas. La noche era bastante tempestuosa cuando en una pequeña embarcación huyó a Suecia el eminente físico Niels Bohr. El objeto más valioso de su equipaje era una botella de cerveza, que la guardaba como a la niña de sus ojos. Sin embargo, la botella sólo era un enmascaramiento: su contenido era agua purísima.

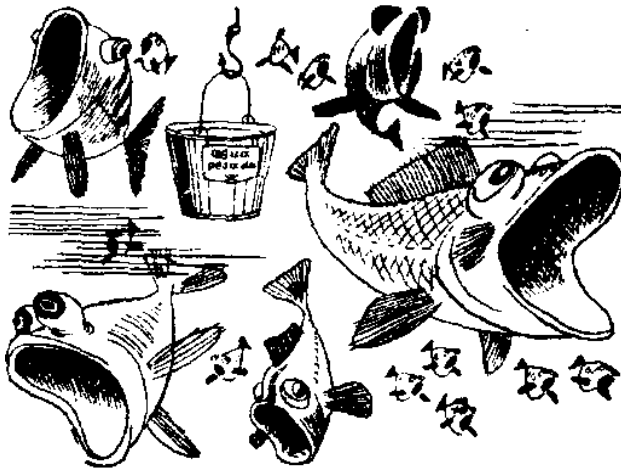
No menos misterioso fue también el acontecimiento que sucedió en Noruega. En 1942 los paracaidistas ingleses efectuaron una incursión a la pequeña ciudad noruega de Riukan. El objetivo de esta asombrosa operación fue un misterio durante mucho tiempo. Sólo después de terminar la guerra se supo que esta operación tan arriesgada fue realizada para destruir una pequeña fábrica y una reserva de 400 litros de agua que allí se conservaba.

El verdadero intrínquis de todos estos acontecimientos incomprensibles fue el agua pesada.

De su existencia se supo hace relativamente poco. Hace unos 40 años, un científico norteamericano descubrió que además del hidrógeno corriente existe también el pesado, cuyos átomos pesan dos veces más que los normales. La noticia extrañó tanto a los científicos que al nuevo hidrógeno le dieron el nombre de deuterio, como si no fuese hidrógeno, sino una nueva sustancia. Ya sabemos que la molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Cuando en su composición entran átomos de hidrógeno pesado se forma el agua pesada. Más tarde se aclaró que también existe un hidrógeno mucho más pesado, el tritio, y se descubrieron también dos clases de oxígeno pesado. Las moléculas de agua se forman precisamente mediante distintas combinaciones de átomos de estas

substancias. Por eso cualquier agua representa en sí una mezcla de 18 combinaciones diferentes, y 17 de éstas son variedades de agua pesada.

La mezcla de agua pesada, que hay en el agua normal, constituye una cantidad ínfima. En un millón de moléculas de agua se encuentran 1000 del oxígeno más pesado y 200 de deuterio. El agua pesada, que sólo en vísperas de la guerra



empezó a obtenerse en forma pura, era necesaria para construir la bomba atómica. Por eso los aliados tomaban todas las medidas posibles para que no cayera en manos de los fascistas. ¿Qué representa en sí el agua pesada?

El agua mejor estudiada es aquella en cuyas moléculas está incluido el deuterio. Por su color, olor y sabor no se distingue en nada del agua corriente, pero es totalmente inservible

para los organismos vivos. Así es como inesperadamente resucitaron las leyendas populares acerca del agua viva y el agua muerta. El agua pesada, en el sentido directo de la palabra, resultó muerta. Es incapaz de mantener la vida.

Las semillas sumergidas en agua pesada no germinaban. Los peces, los organismos unicelulares e incluso los microbios, morían rápidamente. Los ratones y las ratas, que les daban de beber agua pesada vivían muy poco tiempo. Cuando les daban de beber agua pesada diluida estos animales permanecían vivos, pero tenían una sed terrible. El agua pesada llevaba la muerte. Incluso surgió la teoría, mediante la cual se explicaba el envejecimiento de los organismos como consecuencia del acumulo de agua pesada, pero hasta ahora nadie ha presentado pruebas convincentes de esto.

¿Acaso no es nociva para nosotros la pequeña dosis de agua pesada que constantemente se encuentra en el agua corriente? Por lo visto, no. En pequeñas cantidades es provechosa, ya que acelera los procesos vitalmente importantes; sin embargo, en grandes cantidades los retarda. El agua pesada no es ningún veneno

particular para los organismos vivos. Resulta que lo pernicioso está en el gran retardo de estos procesos, que son de importancia vital.

#### **4. ¿Cuál es nuestro peso?**

¿Conoce usted su peso? No crea que es fácil contestar a esta pregunta, aunque se haya pesado hace poco. Y, ¿cuál será su peso al día siguiente, por la tarde, al cabo de una hora e, incluso, dentro de diez minutos? El peso del cuerpo humano varía constantemente. Además de las causas que provocan estas variaciones, fáciles de descubrir, como es la toma de alimentos, que produce una elevación irregular del peso, hay otras causas que determinan cambios constantes, lentos y totalmente imperceptibles. El primero en darse cuenta de esto fue Sanctorius, hace 300 años. El construyó una enorme balanza y se pasaba muchas horas sentado en ésta, observando cómo se alteraba su propio peso. Los resultados de los experimentos fueron tan sorprendentes, que a su laboratorio venían numerosos visitantes, deseosos de ver cómo en su presencia comenzaba a adelgazar el eminente científico. Las alteraciones del peso eran muy perceptibles: en una noche Sanctorius perdía casi un kilogramo.

Las causas de la pérdida de peso son muchas. Sólo con la expulsión de gas carbónico del organismo, el hombre pierde 75-85 gramos de peso al día. Eso, claro está, es una pequeñez: por los pulmones se evaporan 150-500 gramos de agua al día y a través de la piel, más aún. El hombre suda constantemente, aunque el sudor no se escurra por el cuerpo formando grandes gotas.

Por los orificios de las numerosas glándulas sudoríparas, dispersas por toda la superficie de la piel, se segregan pequeñísimas gotas de sudor que sólo pueden verse bajo el microscopio. Si el aire es bastante seco, a éstas les da tiempo a evaporarse antes de que surjan nuevas gotas de las glándulas y la piel sigue seca. Cuando hace frío por la piel se evaporan unos 250-1700 gramos de agua. Al realizarse un trabajo físico pesado, estando el tiempo seco y caluroso, la segregación de sudor puede aumentar hasta 10-15 litros diarios y, a veces, hasta 4 litros por hora; sin embargo, la piel puede estar seca. Según los cálculos más modestos, los sureños segregan en 70 años unas 70-150 toneladas de sudor, lo que supone tres grandes cisternas ferroviarias.

¿Qué función desempeña el sudor? ¿Para qué lo segrega el organismo en cantidades tan grandes? Así es cómo el organismo humano lucha contra el recalentamiento. Durante la evaporación se consume gran cantidad de calor, 600 calorías por cada litro de sudor. Si el cuerpo humano desprendiera todo ese calor, su temperatura descendería casi en

10 grados. Desafortunadamente, nuestro cuerpo sólo designa a la evaporación una pequeña parte de calor, por eso la segregación de sudor no puede asegurar el enfriamiento del cuerpo, pero lo preserva del recalentamiento. Gracias a la evaporación del agua de los pulmones y de la piel la temperatura del cuerpo humano sigue siendo normal, cerca de 37 grados, aunque la temperatura del aire suba hasta 40-50.

No siempre es bueno sudar. Cuando en el aire hay mucha humedad, el sudor se evapora lentamente, reuniéndose en grandes gotas, que se escurren por el cuerpo, pero sin sentir alivio alguno, pues al no haber evaporación tampoco hay enfriamiento. Por lo tanto, el calor en los desiertos áridos se soporta mejor que en los húmedos bosques tropicales.

¿Acaso no es perjudicial la producción abundante de sudor? La pérdida de 3-5 litros de agua, no importa de la manera que haya sucedido, provoca una sed insoportable; no obstante, esto no representa peligro para la vida, siempre que el líquido sea recuperado lo antes posible. Es conocido el caso que ocurrió en Francia en 1821, cuando un hombre se sentenció a muerte absteniéndose de tomar cualquier líquido. Durante 17 días estuvieron luchando la vida contra la muerte. Incluso al decimoquinto día de haber comenzado este asombroso ayuno se hubiera podido salvar la vida de dicho individuo, dándole de beber a discreción.

¿De dónde se coge el agua destinada para la formación del sudor y dónde se conserva el líquido que bebe el hombre? Las glándulas sudoríparas reciben el agua de la sangre. Pero hasta que la segregación de sudor no alcance dimensiones extraordinariamente grandes, la sangre no se pondrá espesa ni tampoco disminuirá su cantidad. Tan pronto la sangre comience a perder agua, de los almacenes ingresará de inmediato en el torrente sanguíneo la misma cantidad de agua (en calidad de almacenes de agua se emplea el tejido subcutáneo, los músculos y otros órganos). Y al contrario, cuando el hombre ha bebido agua y ésta haya pasado del



intestino a la sangre, la cantidad correspondiente pasará en seguida de la sangre a los almacenes.

La reserva de agua en los almacenes no es muy grande, sobre todo en las aves y los insectos voladores. Cuando el tiempo es fresco apenas les basta para la actividad vital normal de uno o dos días. Pero siempre debe haber una reserva de agua. El método más original de almacenar agua lo inventaron las abejas. Una familia con varios miles de insectos adultos y una enorme cantidad de larvas no puede vivir sin reservas. ¿Y si de repente no se puede volar durante varios días por mal tiempo? ¿Qué pasará entonces con los hijos? Las abejas hallaron la salida. Si abrimos una colmena, veremos que en alguno de sus rincones cuelgan de los panales grandes abejas obreras inmóviles. Estas son aljibes vivos. Las abejas aguadoras les trasiegan todo el agua sobrante en sus aguadoras hasta llenarlos; los pesados insectos no pueden volar ni andar. Si durante un día o dos hay mal tiempo, sus abdómenes se reducirán notablemente - los aljibes se vacían.

## **5. Lágrimas de cocodrilo**

El mar acariciador y tórrido lleva perezosamente sus olas hacia la orilla. Entre las rocas, cubiertas de bosques, que descienden hasta la orilla, pacen todo el día los venados. Estos animales bajan al litoral para gozar de la brisa suave y fresca, a la sombra de los frondosos robles y pinos. El mar chapotea a los mismos pies de los bellos cornudos, pero es dudoso que esto les despierte algún interés. Al llegar la hora de ir al abrevadero, los venados trepan monte arriba en busca de agua no muy fresca. Son restos de manantiales que fueron agotándose durante el verano.

¡Ningún venado baja a la orilla del mar para aplacar la sed! Y no sólo los venados. El sinuoso litoral de los continentes, rodeados de océanos, se extiende a miles de kilómetros, pero en ningún lugar es atravesado por las sendas- de las fieras: ningún animal del mundo baja al mar para aplacar la sed.

Los naufragos mueren de sed en los vastos espacios de agua salada de los océanos. El agua de mar no es potable, en ésta hay disueltas demasiadas sales - 35 gramos en cada litro. De éstos, 27 son de sal común. ¿Por qué no se puede beber agua de mar?

El hombre adulto necesita hasta 3 litros de agua al día, incluyendo, desde luego, la contenida en los alimentos. Al beber agua de mar, junto con ésta el organismo recibe diariamente cerca de 100 gramos de sales. En caso de que ingresaran todas de repente en la sangre, ocurriría una catástrofe. Por lo general, la sangre se libera del exceso de sales tan pronto como éstas superen la norma. Los riñones realizan la función principal en la purificación de la sangre. El adulto elimina un litro y medio de orina al día, casi la mitad del agua que recibió el organismo durante el día, liberándose del sodio, potasio, calcio y otras sustancias nocivas. Lamentablemente,



la concentración de estas sales en el agua oceánica es mucho más alta que en la orina. Por lo tanto, para expulsar del organismo las sales que ingresaron junto con el agua de mar, se necesitaría mucho más agua que la que se bebió.

¿Cómo viven entonces los peces y los animales marinos? ¿Dónde encuentran agua dulce?

Pues la encuentran. La sangre y los líquidos tisulares de los peces y otros animales vertebrados contienen muy pocas sales. Por eso todos los voraces marinos reciben junto con los alimentos una cantidad considerable de agua potable. Estos líquidos son también potables para el hombre, a lo que por primera vez le prestó atención a Bombar, médico francés.

Anualmente, miles de personas, después de naufragas, mueren de hambre y de sed. Bombar realizó un experimento arriesgado para demostrar lo siguiente: todo lo necesario para la vida del hombre se encuentra en el océano, y los naufragos pueden sobrevivir cuando saben aprovechar sus dádivas. El científico emprendió un viaje a través del Océano Atlántico en una pequeña lancha de goma, alimentándose durante la travesía de peces y de pequeñísimos animales invertebrados y bebiendo, en vez de agua, el líquido que exprimía del cuerpo de los peces. Este médico logró atravesar el océano en 65 días, realizando el viaje de Europa a América. Y aunque

semejante método de alimentación quebrantó mucho la salud del científico, éste demostró que el hombre puede vivir en el océano.

Involuntariamente surge la pregunta: ¿Dónde cogen agua dulce los peces marinos? Resulta, que éstos tienen una magnífica potabilizadora. No son los riñones. Los peces tienen riñones muy pequeños, poco desarrollados y casi no participan en la extracción de las sales del organismo. La potabilizadora se encuentra en las branquias. Células especiales toman de la sangre las sales y junto con la mucosidad éstas son expulsadas en forma muy concentrada.

A las aves marinas tampoco les es fácil obtener agua dulce. Los albatros viven en alta mar, lejos de la costa. Vienen a la tierra firme una vez al año, en el tiempo de la cría. Los mergos, las alcas y muchas gaviotas, aunque viven en la zona del litoral, nunca beben agua dulce. Antes se creía que estas aves se contentaban con el líquido tisular de sus víctimas. Pero resulta que de buena gana beben agua de mar y muchas de ellas, incluso, no pueden vivir sin ésta. En los parques zoológicos hace tiempo notaron que estas aves no pueden vivir en cautiverio. Los zoólogos se asombraban; los pequeñísimos colibríes pueden vivir enjaulados, así como los papagayos; las avestruces, las águilas y las lechuzas, sin embargo, las gaviotas mueren al poco tiempo. Se pensaba que en las angostas jaulas las bellas aves marinas añoraban los espacios acuáticos. Pero la causa de la muerte no era la añoranza por el mar, ni las angostas jaulas. Simplemente a las aves no les bastaban las sales. Cuando empezaron a salar los alimentos, las gaviotas se alegraron y comenzaron a vivir magníficamente.

Las aves marinas y los reptiles poseen potabilizadores perfectos. Tampoco son los riñones, sino la glándula nasal, como la llaman ahora, salina. En las aves está situada en el borde superior de la órbita y su conducto excretor se abre en la cavidad nasal. La concentración de sodio en el líquido, segregado por la glándula, es cinco veces más alta que en la sangre, y dos o tres veces más alta que en el agua de mar. El líquido fluye por los orificios nasales y cuelga de la punta del pico en forma de grandes gotas transparentes, que el pájaro las sacude de vez en cuando. Si alimentamos el ave marina con comida muy salada, veremos que al cabo de 10 ó 12 minutos empezará el goteo nasal. Da la impresión que el ave cogió un fuerte resfriado.

Los reptiles marinos, las tortugas, las serpientes y los lagartos, a diferencia de las aves, poseen el conducto excretor de la glándula salina en el ángulo del ojo y así la secreción se escurre al exterior. La gente ya sabe hace mucho tiempo que los cocodrilos pueden llorar con grandes lágrimas diáfanas.

Después de devorar su víctima, parece como si el cocodrilo la deplorase. De aquí



surgió la expresión proverbial de "lágrimas de cocodrilo", como símbolo de máxima hipocresía. En nuestros días se puso en claro su causa: así es como el organismo del cocodrilo se libera del exceso de sales que ingresaron con el agua y los alimentos.

Las tortugas marinas peregrinan durante todo el año por los océanos y mares tórridos. Sólo una vez al año, en la noche oscura y en un tiempo determinado, las hembras salen a las

playas arenosas para ocultar en un lugar retirado montoncitos de huevos, aquí mismo depositados. Al regresar de nuevo al mar, las tortugas lloran amargamente dejando caer en la arena lágrimas grandes y saladas. ¿Acaso están tristes porque abandonan los lugares entrañables, de donde ellas mismas salieron de los huevos? ¿O es que lloran a sus descendientes, abandonados a su propia suerte? No. Sencillamente las glándulas salinas están efectuando su labor habitual - expulsan las sales del organismo. Este es (in estado normal para ellas. Las tortugas marinas son las mayores lloronas de nuestro planeta, pero, ¿acaso pueden notarse las lágrimas en el agua? He aquí el porqué la gente tardó tanto tiempo en descubrir el secreto de la glándula salina.

## 6. ¿Beben los peces?

¿Beben los peces? ¿Qué piensa usted acerca de esto? Me imagino su sonrisa. Pues al pez no le cuesta nada abrir la boca para que al momento la tenga llena de agua.

Y junto con los alimentos, quiera el pez o no, una cantidad determinada de agua siempre le cae en el estómago.

¿Le será suficiente? ¿Sentirá sed? Los científicos ya hace tiempo que hallaron las respuestas a estas preguntas.

Los peces contemporáneos han colonizado todos los depósitos de agua, pero cada especie sólo puede vivir en condiciones habituales para ésta. Son muy pocas especies las que pueden, sin perjudicar su propia salud, pasar del agua dulce a la salada y viceversa. Como virtuosos en esta rama pueden considerarse las anguillas. Pasan la mitad de su existencia en el agua salada y el resto, en el agua dulce. ¿Qué impide a los peces pasar libremente de un agua a otra? La epidermis, la mucosa de la cavidad bucal, de las branquias y de otras partes del cuerpo, así como las membranas de algunas células de todos los órganos y tejidos del pez son permeables al agua. Esta se filtra sin dificultad a través de ellas, en cambio, para las sales y la mayoría de otras sustancias estas membranas son impermeables.

¿A dónde se filtrará el agua: al cuerpo del pez o fuera de éste? Eso, de ninguna manera, dependerá del lugar donde haya más agua. El proceso de difusión lo dirige la presión osmótica de las soluciones creada por las sustancias en ellas disueltas.

Cuanto mayor sea la cantidad de sustancias, tanto más alta será la presión osmótica y con mayor fuerza la solución aspirará el agua. Prácticamente, en el agua dulce es igual a cero, pero en la sangre y en los líquidos tisulares los peces hay muchas sales y sustancias proteínicas que producen una presión osmótica de 6-10 atmósferas. Con esa fuerza el organismo de los peces de agua dulce absorbe el agua, que del exterior ingresa intensivamente en sus cuerpos. Si no tuviesen una adaptación para expulsar con rapidez el exceso de agua del organismo el cuerpo del pez se hincharía enseguida y éste moriría. Así es como los peces de agua dulce nunca sienten necesidad de beber agua. Tienen bastante preocupación con librarse del agua que les penetra por todos lados.

Otra cosa son sus parientes, los peces espinosos marinos. En el agua de mar hay mucho más sales que en los tejidos de los peces. La presión osmótica del agua oceánica es igual a 32 atmósferas, mientras que en el organismo de los peces espinosos marinos tan sólo alcanza 10-15. Por eso, el insaciable océano succiona con ansiedad el agua de sus cuerpos. A primera vista surge un fenómeno

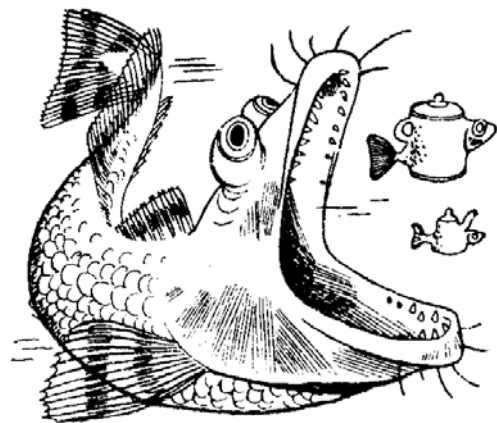
paradójico: el agua de mar es capaz de deshidratar a los peces que nadan en ésta. No es de extrañar que siempre experimenten sed.

Pero no todos los peces de mar beben agua. Los más antiguos - los tiburones y las rayas - que, por lo visto, se mudaron al océano antes que los peces espinosos, se adaptaron de otro modo a la vida en el agua salada. Estos peces aprendieron a conservar en la sangre una sustancia bastante nociva - la urea, de la que todos los demás animales tienden a deshacerse lo más pronto posible. Para esto tuvieron que vestir las branquias con una membrana especial, impermeable a la urea. La presión osmótica de la sangre de los tiburones y las rayas es mucho más alta que la del agua salada. Sus cuerpos, igual que los de los peces de agua dulce, absorben el agua del océano, por eso los tiburones y las rayas siempre están preocupados por librarse de ésta.

Ese mismo principio lo copió de los tiburones la rana marina o pescadora, descubierta hace poco en el sudeste de Asia. De todos los anfibios, sólo ella se adaptó a la vida en el agua de mar.

Verdad es que estas ranas continúan depositando las huevas en agua dulce

pero los renacuajos, después de crecer un poco, se van al mar, donde se alimentan con centollas. Igual que los tiburones, ellas conservan en la sangre la urea, pero esto lo hacen por su propia voluntad: antes de pasar al agua de mar se proveen de urea; cuando van al agua dulce, se libran de sus sobrantes. Por eso, en cualquier parte que vivan, estas ranas, igual que los demás parientes suyos, no tienen necesidad de beber agua.



## 7. ¿Puede exprimirse el aire?

Los zoólogos han notado hace tiempo que algunos animales de los desiertos, los cuales jamás vieron en su patria un charco de agua, al encontrarse en cautiverio beben mucho y de buena gana. Era un enigma el porqué estando en libertad estos

animales pueden Vivir sin agua. ¿Es posible que el desierto no sea tan seco como parece a primera vista? ¿Quizás allí puede conseguirse agua?

Antes de responder a estas preguntas, veremos de dónde coge agua la gente que vive en los lugares áridos.

¿Quién de ustedes tuvo la ocasión de visitar Crimea? Decenas de casas de reposo, sanatorios y campamentos de pioneros se extienden a lo largo de una angosta franja de tierra en la costa meridional de la península; costa que está oprimida por ambas partes por las montañas y el mar. Al llegar el verano aquí vienen miles de veraneantes, pero ninguno sospecha, cuántas preocupaciones e inquietudes recaen sobre los funcionarios de la municipalidad y cuántas fuerzas hay que aplicar para que siempre corra agua del grifo y para que siempre la gente pueda tomarse un baño, lavarse o preparar la comida. Y eso se debe a que en la costa meridional de Crimea no hay grandes ríos ni lagos. Aquí los riachuelos se secan a principios del verano.

En otoño, cuando son frecuentes las lluvias, en Crimea comienza almacenarse el agua. La recogen en depósitos terrestres y en enormes recipientes, situados bajo tierra, donde la conservan hasta el verano. Pero de todos modos, el agua no era suficiente. No hace mucho se abrió un túnel a través de la montaña, por el que comenzó a correr un río hacia la costa.

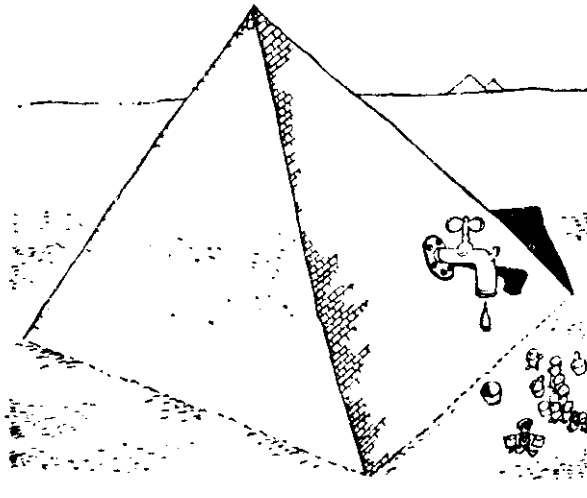
Hace varias decenas de años no había aún posibilidades de realizar semejantes obras. No obstante los antiguos pobladores de Crimea pasaron la vida sin éstas. Sabían obtener agua directamente del aire. Por muy seco que sea el aire de Crimea, en éste siempre hay una pequeña cantidad de vapores de agua.

¡Ya que el mar está al lado! Los arqueólogos lograron descubrir cómo en tiempos remotos se extraía el agua del aire.

En la parte oriental de Crimea, cerca de la ciudad de Feodosia, se descubrió una hacienda de un cortesano, perteneciente a la Edad Media. Aquí se halló una obra asombrosa una gran plazoleta de losas con construcciones piramidales de piedra. Dentro de las pirámides había numerosas entradas y cavidades. El aire caliente del mar, que penetraba en las pirámides rociaba las frías paredes internas. Estas se "empapaban", igual que los cristales de las ventanas en el tiempo frío. Las pequeñísimas gotas de rocío, escurriéndose, formaban gotas más grandes, que

resbalaban, por las paredes y después, por un canalón especial, iban a reunirse en un depósito subterráneo.

Así puede obtenerse agua en cualquier parte, incluso en los desiertos más tórridos y



áridos aunque, naturalmente, del aire seco no puede expresarse mucho líquido. De todos modos, debajo de los montones de piedras, por la noche, siempre hay gotitas de rocío, incluso en los desiertos más áridos. Penetrando en la profundidad de la arena, el aire también deja allí una pequeñísima cantidad de humedad, aunque no

siempre es tan insignificante.

En las arenas de la parte más occidental del desierto de Kara Kumi crecen magníficamente las sandías. Además, crecen sin necesidad de regadío. En esta parte del desierto hay muy pocas fuentes de agua dulce. Pero el viento del Golfo de Kara Bogas Gol lleva al desierto aire húmedo. Este, al enfriarse por la noche, deja tanta agua que a veces no le da tiempo de infiltrarse en la arena y puede recogerse en recipientes, que se ponen en el fondo de hoyos profundos. .

Por lo visto; muchos animales de los desiertos saben encontrar en las grietas de las rocas y en las cuevas profundas el rocío que cae por la noche, valiéndose de ello ampliamente.

La rata marsupial, habitante de los áridos desiertos australianos, sabe extraer agua incluso del suelo. Este interesante animalito se alimenta con semillas de distintas plantas, las cuales se secan hasta tal punto, que prácticamente no poseen humedad alguna. La rata no come de repente las semillas secas, sino que las lleva en sus asombrosos mofletes hasta la cueva.



La lana de esta rata no sólo crece en el hocico, sino también en la cavidad bucal, preservando los mofletes de la penetración de saliva en ellos. Esta adaptación garantiza un severo ahorro de humedad. Las semillas, completamente secas y recogidas en la superficie de la tierra, las reúne en las cuevas profundas. Si en la tierra hay aunque sea una pequeña cantidad de humedad, las semillas comienzan a absorberla. ¡Pues la presión osmótica de las semillas secas es igual a 400500 atmósferas! ¡He aquí con qué fuerza absorben las semillas el agua!

La rata marsupial comerá las semillas sólo después de que se hayan saturado de humedad.



Mejor aún se las arregla el moloc, un saurio erizado extraño, habitante de los desiertos tórridos y áridos de Australia, que tiene su cuerpo cubierto de púas. Este espantajo se conocía desde hace tiempo, pero los científicos creían que las púas sólo le servían para defenderse de sus enemigos. Ahora se sabe que también tienen otra función no menos importante. La capa córnea de la piel del moloc tiene numerosos poros, que se abren hacia el exterior en los surcos que se forman entre las púas. Si mojamos la piel del lagarto, el agua inmediatamente se infiltrará en los poros, aunque sin poder penetrar dentro del cuerpo: las capas más profundas no contienen poros. Estos están situados de tal manera que al agua no le queda otro camino que moverse dentro de la piel hacia la cabeza. Aquí, el sistema de los poros capilares termina en un par de almohadillas pequeñas y esponjosas donde se acumula el agua. Estas están situadas en los ángulos de la boca del moloc. Cuando en las almohadillas hay agua, el moloc no tiene más que mover las mandíbulas para que de cada almohadilla caigan gotas de agua directamente a la boca del animal. El moloc no tiene necesidad de beber. Incluso si en el desierto se encontrara con una fuente, al lagarto le bastaría darse unos zambullidos en el agua. Así es más

rápido y cae más agua en la piel del lagarto que la que podría beber. En la piel se forma una especie de almacén de agua.

Además, las púas del moloc están mucho más frías que su piel. En éstas, durante la noche, se asientan pequeñísimas gotas de rocío, las cuales al momento se infiltran a través de los poros de la piel. ¡El moloc absorbe el agua directamente del aire!

## 8. Fábrica de agua

En las vastas extensiones del desierto el sol de mediodía abrasa despiadadamente. Por el día la arena se calienta tanto que si anduviéramos descalzos nos quemaríamos los pies. No se ve un ser vivo. ¿Y de dónde puede haber vida, si a decenas, a cientos de kilómetros a la redonda no hay ni gota de agua?

No obstante, en el desierto hay vida. Para verla hay que estar allí al amanecer, antes que la brisa matutina comience a remover las ligeras arenas movedizas. Hacia cualquier parte que dirijamos la mirada: por las pendientes de las colinas arenosas y entre las mismas, puede verse un complejo filigrana de innumerables huellas. Aquí arrastró su coraza la lenta tortuga; allí dos hileras de pequeños puntos con un profundo surco entre éstas, que nos hacen recordar las huellas de algún lagarto. Estos grupitos de huellas, distanciados unos de los otros, es el producto de los brincos que hace el impetuoso jerbo. Y aquellas grandes, que están más allá, pertenecen a la gacela. Resulta que de noche el desierto vive su vida a plenitud y sólo la llegada del bochorno diurno obliga a sus moradores a ocultarse.

Pero, ¿cómo viven los animales en estos parajes tan áridos? ¿Cómo se adaptaron a las condiciones de insuficiencia de agua?

Muchos habitantes de los desiertos: antílopes, citilos, campañoles, jerbos y tortugas, nunca beben agua o pueden pasar mucho tiempo sin ésta. El agua es sustituida por las plantas verdes. En primavera o después de las lluvias, el desierto revive durante un tiempo breve, empieza a reverdecer y a florecer por doquiera. Cuando las hierbas ya se ponen amarillas y marchitas, por los abrasadores rayos del sol, los animales sacan de la arena bulbos de tulipanes y otras plantas. En estos bulbos, protegidos del sol por las escamas coriáceas, hay mucha humedad. Los carnívoros tampoco viven en la indigencia, consiguen agua al comerse a los animales herbívoros. Aún con todo, no es tan fácil proveerse de agua. No es de

extrañar que la mayoría de los moradores del desierto estén provistos de fábricas propias para producir agua y de almacenes donde reservan las materias primas para producirla.

En realidad, esta fábrica la poseen todos los animales de nuestro planeta, incluyendo al hombre. Al efectuar un trabajo, en las células de nuestro organismo, igual que una fuente de energía, se "queman" los hidratos de carbono y las grasas.



Después de "quemarse" totalmente, se forman dos productos: gas carbónico y agua. El gas carbónico es muy nocivo, por eso se expulsa de inmediato; en cambio, el agua sirve para asegurar las necesidades del organismo. De un gramo de hidrato de carbono se obtienen 0,56 gramos de agua; de las grasas, 1,07. En el cuerpo de un hombre adulto llegan a sintetizarse hasta 300 gramos de agua al día.

Para el adulto eso es una pequeñez, sin embargo, para algunos animales este método de obtener agua es único. Las avutardas, las alondras, los campañoles, algunos ratones y otros roedores pueden pasar largo tiempo sin agua; muchos de ellos nunca beben, alimentándose con tallos secos de las hierbas y semillas de las plantas que prácticamente no contienen humedad. Toda el agua necesaria para éstos se forma mediante la oxidación de las grasas y los hidratos de carbono contenidos en los alimentos.

La materia prima más cómoda para obtener agua son las grasas y los hidratos de carbono, por tanto, al "quemarse" éstos en el organismo, excepto agua y gas carbónico, no se produce ninguna sustancia nociva. Así es más cómodo hacer reservas. Todos los habitantes de las estepas áridas y desiertos poseen la propiedad de acumular grandes cantidades de grasa: las serpientes, los lagartos, los antílopes, las jirafas, las cebras, los leones y los avestruces.

La grasa de los animales se guarda en un lugar especialmente predestinado para ello. La acumulación de las grasas no se hace bajo su epidermis, porque entonces

los animales morirían por recalentamiento. Por ejemplo, los camellos tienen sus almacenes en las jorobas. Estas no son un adorno, ni tampoco son para ir montado más cómodamente. La joroba pende del lomo, dejando libre de grasa el resto de la superficie del cuerpo y de esa forma el camello no sufre del calor.

El rabo suele utilizarse también como almacén. En este caso, el almacén, por así decirlo, se encuentra bastante apartado. En los jerbos y los campañoles la grasa se deposita en la base del rabo. Los lagartos gigantes, llamados varanos, tienen grandes reservas de grasa en el rabo. Los óvidos de cola adiposa acumulan mucha grasa en ésta. Estos tienen a ambos lados del rabo dos grandes protuberancias grasientas. Las reservas de grasa son muy grandes: las del camello llegan a alcanzar 110 -120 kilogramos; la de los corderos de protuberancia posterior, 10 - 11 kilogramos.

En caso de que el animal se encuentre en condiciones desfavorables y no tenga de dónde coger agua, de inmediato comenzará a producirla a expensas de la grasa reservada. El camello puede vivir sin agua 45 días, incluso los primeros 15 trabajando normalmente y comiendo su porción habitual de heno absolutamente seco.

Este método de producir agua resulta muy cómodo, pues al oxidarse la grasa se forma gran cantidad de energía, que es utilizada por el organismo y así el animal puede pasar sin tomar alimentos. A propósito, cuando muchos de los habitantes del desierto se encuentran en cautiverio, éstos soportan el tormento de la sed peor que cuando viven en sus entrañables arenas, ya que se les reduce considerablemente la producción de agua. Allí, en la patria, tienen que salir a cazar cada día. ¡Cuánto hay que correr, cuánta energía hay que consumir para poder comer hasta hartarse! Y como ustedes saben, todas las grasas e hidratos de carbono, consumidas en el trabajo de los músculos, en resumidas cuentas se transforman en agua. No sólo los moradores del desierto viven a cuenta de la producción química de agua. Cuando el organismo agota todas las posibilidades de reponer sus reservas, la única fuente es la oxidación de las grasas: no es casual que los huevos de las aves contengan tanta grasa. Esta va consumiéndose lo mismo que una fuente de energía, de la cual se obtiene bastante cantidad de agua.

Claro está que la vida en el desierto ha sido posible no sólo porque sus pobladores adquirieron la habilidad para producir agua mediante procedimientos químicos, extraerla del aire y saberla encontrar entre la arena y las piedras. No es menos importante el hecho de que ellos han aprendido a ocultarse del calor diurno, así como también de que posean adaptaciones, mediante las cuales se impide la evaporación del agua del organismo y, lo más importante, tal vez; es que saben consumir el agua de una manera muy económica. Sin estas adaptaciones la vida en el desierto sería imposible.

## Capítulo 2

### MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

#### **Contenido:**

1. *Las hazañas de Lúculo*
2. *Dientes deslizables*
3. *El secreto milenario ya se descubrió*
4. *¿Con qué se alimenta la vaca?*
5. *Existen distintas clases de cazuelas*
6. *La industria alimenticia*
7. *Fábrica – cocina*

#### **1. Las hazañas de Lúculo**

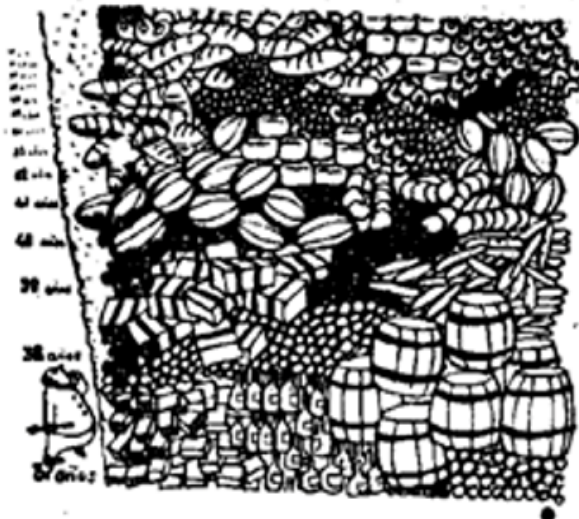
En los años 74-64 a.n.e., las legiones romanas, comandadas por Lucio Licinio Lúculo, derrotaron a las tropas del rey de Ponto, Mitridatos VI el Grande, y más tarde, a su pariente, Tigranes II, rey de Armenia. El gran dominio de Mitrídates se desmembró. Sin embargo, Lúculo no sólo gozaba de gran popularidad gracias a sus hechos de armas y su genio militar, sino también era célebre por su lujo y glotonería.

En general, a los romanos les gustaba comer y tenían propensión a la demasía. Las alegres comilonas y los banquetes duraban muchas horas e, incluso, días. Durante ese tiempo se tragaban abundantes y exquisitos platos. Al son de la música o del canto, semiacostados sobre cojines, saboreaban manjares de toda clase, acompañándolos con una buena cantidad de vinos. Incluso los entrenados estómagos romanos eran incapaces de digerir tantísima comida. Pero no había necesidad de hacerlo. Después de hartarse, se metían dos dedos en la boca, vomitaban, y volvían de nuevo a la mesa. Los *Lúculos* no se han agotado aún en nuestros días. Si juntáramos todo lo que comemos y bebemos durante la vida, cada uno podría sentirse Lúculo, pues resultaría una enorme cantidad de productos de toda clase, para cuya transportación se necesitarían varios vagones de ferrocarril.

La necesidad en alimentos es distinta. Cuanto menor sea el animal tanto mayor será, claro que en unidades relativas, la cantidad de substancias alimenticias que

necesita. El topo debe comer tantos alimentos al día como su propio peso y de vez en cuando, tres veces más.

No es menester pensar que es bueno comer mucho. Más bien es lo contrario. En el



laboratorio del profesor Nikitin se hicieron los experimentos siguientes. A un grupo de ratas las alimentaban con comida muy variada, pero les daban tan poca cantidad que los animales jóvenes no podían crecer, ni aumentaban su peso tan siquiera en un gramo. Otro grupo de ratas era alimentado con la misma comida, pero en abundancia. Las ratas sometidas a la dieta de vigilia, vivían mucho más tiempo que las otras con alimentación en abundancia.

Muchos animales necesitan comer muy a menudo. El topo muere después de hambrear 14-17 horas; en cambio, la garrapata puede pasar varios años sin comer. Algunas de ellas comen sólo una vez en su vida. Existen también animales que dejan de comer al ser adultos. Entre ellos se encuentra la muy conocida cachipolla. Estar en ayunas durante un tiempo breve es también bueno para el hombre. En medicina existe el tratamiento de ciertas enfermedades mediante el hambre. Por lo visto, a veces resulta ser positivo. No hay una opinión única entre los médicos contemporáneos acerca de esta cuestión, sin embargo, ellos reconocen unánimemente, que en manos inexpertas dicho tratamiento puede causar gran daño al paciente.

¿Para qué hace falta esa cantidad de alimentos que consumimos durante la vida? Es fácil de suponerlo. E n primer lugar sirve como material de construcción. Aunque a primera vista parezca extraño, no obstante, nosotros estamos reedificando y reconstruyendo nuestro organismo hasta la vejez. Durante toda su vida al hombre le está creciendo el pelo y las uñas; los eritrocitos - glóbulos rojos - sólo viven dos o

tres meses, después, mueren y en su lugar aparecen otros. Los epitelocitos de la piel viven menos aún: 7 días solamente.

En cada célula del cuerpo las moléculas se renuevan constantemente: unas se destruyen por completo y en su lugar se sintetizan nuevas. Otras se reestructuran sólo en parte. Aquí una porción de los materiales de construcción se convierte en escombros y son inservibles. Por eso el organismo necesita aflujo de nuevos materiales de construcción durante toda su vida. Tan pronto como haya insuficiencia de algo, de inmediato surgirán los trastornos. Si el organismo no recibe cobre o hierro, surge la anemia. Incluso los huesos, que parecen ser tan inmutables, renuevan constantemente su composición. Cuando los alimentos carecen de calcio durante largo tiempo, los huesos, que contienen ese elemento en gran cantidad, empiezan a cederlo para realizar otras funciones en el organismo, mientras que ellos mismos se ponen blandos y encorvados.

En segundo lugar, los alimentos sirven para que el organismo reciba los recursos energéticos necesarios: Ya de por sí la construcción de nuevas moléculas requiere un determinado consumo de energía. ¿Y los músculos y todo los demás órganos de nuestro cuerpo, cuya -mayoría no dejan de funcionar ni un minuto? Pues cuando estamos durmiendo, -el corazón -continúa funcionando, así como la musculatura respiratoria, el hígado, los riñones, el tracto intestinal, las glándulas de secreción interna. Incluso el cerebro continúa consumiendo energía y no se puede decir que este gasto sea pequeño, aunque precisamente es lo que menos notamos.

Las pérdidas energéticas se completan con relativa facilidad. En calidad de "combustible" se utilizan las grasas, los hidratos de carbono y, en parte, las proteínas, que, "al quemarse" en el organismo, forman gas carbónico y agua. En realidad, el organismo sólo utiliza un combustible, la glucosa. Las grasas o las proteínas, antes de convertirse en material energético, deben transformarse en glucosa.

Proveer el organismo de combustible no es tan complicado como abastecerlo del material de construcción necesario. El cuerpo humano se compone, en lo fundamental, de carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Contiene también otros elementos químicos, pero en pequeñas cantidades, a veces insignificantes.



Gabriel Bertrand, químico francés, calculó que el cuerpo humano de 100 kilogramos de peso contiene:

oxígeno	6.3	kg
carbono	9	kg
hidrógeno	9	kg
nitrógeno	5	kg
calcio	1	kg
fósforo	700	g
azufre	640	g
sodio	260	g
potasio	220	g
cloro	180	g
magnesio	40	g
hierro	3	g
yodo	0.03	g

Flúor, bromo, manganeso y cobre se tienen en menos cantidades. Por lo visto, en el organismo hay también todos los demás elementos, incluyendo los de pequeña actividad química, como es el oro, pero su función no está clara todavía.

Generalmente, cuando la alimentación es adecuada, todos ellos, en cantidad suficiente, llegan al organismo con la comida y el agua. En caso de insuficiencia de algún elemento, surgen distintas enfermedades, que con frecuencia son muy graves. Allí, donde falta el yodo en el terreno, es necesario enriquecer la sal común con el mismo. El agua del Río Neva se cuenta como la más pura, la mejor agua potable del mundo. Sin embargo, precisamente esa pureza es su principal deficiencia. Una de las estaciones de suministro de agua de Leningrado está añadiendo flúor al agua potable: resulta que la falta de dicho elemento favorece las enfermedades de los dientes. Es más, los científicos suecos establecieron que quienes utilizan constantemente agua blanda, padecen más a menudo del sistema cardiovascular.

Algunas dificultades de abastecimiento se deben a que la mayoría de las sustancias, de las que se componen los tejidos y los órganos, no pueden sintetizarse directamente de los elementos. Por ejemplo, las proteínas se

construyen de las distintas combinaciones de 22 aminoácidos, pero nuestro organismo sólo puede sintetizar a

10 de éstos. Los otros 12 deben ingresar ya acabados. Es más, cuando nosotros mismos creamos aminoácidos, hace falta que el nitrógeno indispensable para eso, ingrese en forma de compuestos orgánicos. Lo mismo ocurre con la glucosa, que en el organismo de los animales no puede sintetizarse directamente del carbono y del hidrógeno; para producirla se utilizan los hidrocarburos.

Entre las numerosas sustancias absolutamente necesarias que ingresan en el organismo, aunque sea en pequeñas cantidades, deben mencionarse las vitaminas. Sin éstas la vida sería imposible.

La elección de los alimentos es una cuestión muy importante. Es posible que el ejemplo más demostrativo sea el de las abejas. La reina, que desde los primeros días hasta el final de su vida se alimenta con la llamada "jalea real", vive 2 ó 3 años. Las abejas obreras reciben este maravilloso alimento únicamente los primeros días de su vida; al tercer día pasan a una vida más frugal y como resultado, primero, no llegan a ser hembras de pleno valor, y, segundo, viven 2 ó 3 semanas.

El carácter de la alimentación no sólo puede influir en el desarrollo físico, sino también en el mental. En Italia existe la creencia de que las regiones de dicho país, donde se cultiva el albaricoque blanco, obsequian al mundo con muchos más genios, que todas las demás regiones del mundo entero. Semejante suposición no carece de cierto fundamento. En todo caso, muchos psicofarmacólogos opinan que la búsqueda de la sustancia de la genialidad, que pudiera estimular al cerebro, facilitando el estudio y otros procesos cerebrales, no es una cosa huera, ni mucho menos. Estas búsquedas en cualquier oportunidad serán coronadas con el éxito.

El hombre es un ser omnívoro. A él no le es difícil adaptarse a cualquier alimento. No obstante, entre los animales hay muy pocos omnívoros. Son muchas más las especies especializadas. A veces sirven de alimento cosas que a primera vista podrían parecer extrañas y poco comibles: madera, lana, plumas, escamas de peces o cera.

No siempre es igual el gusto de los animales pertenecientes a una misma especie. Entre los mosquitos, los chupasangre son las hembras, que necesitan proteínas para engendrar la descendencia. Los machos contentan con alimentos vegetales.

Con frecuencia los gustos varían conforme a la edad. Es particularmente sensacional la evolución de las costumbres alimenticias del pájaro indicador africano. Este gracioso pajarito no hace nidos y pone sus huevos en nidos ajenos, lo mismo hace el cuclillo. Los padres adoptivos alimentan con insectos al futuro indicador, igual que a sus propios hijos. Cuando el pajarito crece y emprende su vida independiente, busca los nidos devastados de las abejas y comienza a deleitarse con... cera.

Es difícil explicar cómo y por qué este pajarito es tan apasionado por la cera, pues los padres adoptivos, desde luego, no le enseñaban eso. Alimentándose totalmente a cuenta de las abejas, el indicador busca también colmenas silvestres, pero en vista de que él solo no puede vencer el enjambre, recurre a la ayuda de expoliadores más fuertes, por ejemplo, de los tejones comedores de miel, indicándoles con sus gritos y movimientos la existencia de la colmena.

Entre las extrañas propensiones alimenticias, la más repugnante es el canibalismo. Cuando esto se practica con relación a los seres vivos, se tienen en cuenta los casos cuando los animales devoran a sus semejantes.

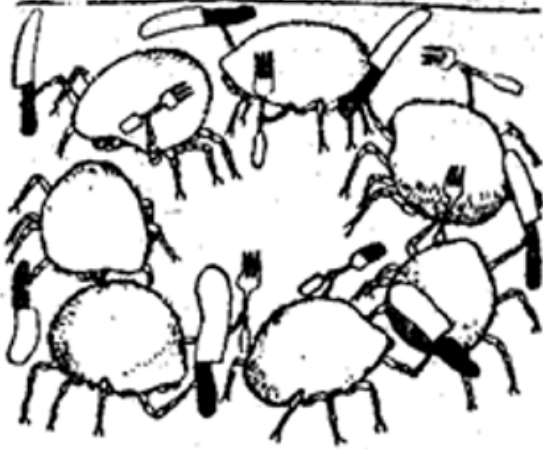
La forma más interesante e inofensiva de canibalismo se manifiesta entre las garrapatas de las aves, portadoras de una grave enfermedad -la espiroquetosis de las aves. Cuando las larvas de las garrapatas, las ninfas y los insectos adultos atacan al pájaro, no siempre se adhieren a su cuerpo. Cuando hay muchas garrapatas, entre éstas siempre se encuentran caníbales, que tienden a buscar la hembra o la ninfa que esté bebiendo sangre, para adherirse a ella. A veces al cuerpo del caníbal se adhiere otro caníbal más, a éste, a su vez, un tercero, y así hasta llegar a cinco insectos, que chupan uno, del otro la sangre del pájaro o de la hemolinfa de su víctima, la cual, aclaremos de paso, no reacciona de ninguna forma ante la agresión.



La cadena de parásitos, que se devoran entre sí, no se desmorona hasta que todos se hayan hartado. Las garrapatas que fueron agredidas por sus compañeras, quedan vivas y se desarrollan normalmente.

Entre otros animales con gustos exóticos se encuentran los coprófagos, que son seres muy, útiles. ("Copros" en griego significa "excremento"; "fagos", "devorador".

"Copróforo", "animal que se alimenta de excrementos").



Para muchos animales la coprofagia es un fenómeno temporal. Por ejemplo, en la familia de los caninos durante el período prematuro de la cría de cachorros, los padres se comen los excrementos de sus hijos. Esto, desde luego, es un tratamiento higiénico, mediante el cual se asegura la limpieza en la guarida.

Son muy interesantes los casos de coprofagia del dañino de las colmenas - la larva de la tiña, que por lo común se alimenta con cera. Pero si estos seres adéfagos logran devastar totalmente la colmena, después de haberse tragado toda la cera comienzan a comer sus propios excrementos, que para ese tiempo ya se acumulan bastante. Lo más interesante es que las nuevas excreciones también les sirven de alimento. Así, comiéndose sus propios excrementos, expulsándolos y comiéndolos de nuevo, llegan a desarrollarse varias generaciones de tiña. A veces este ciclo tan singular puede durar 7-8 años.

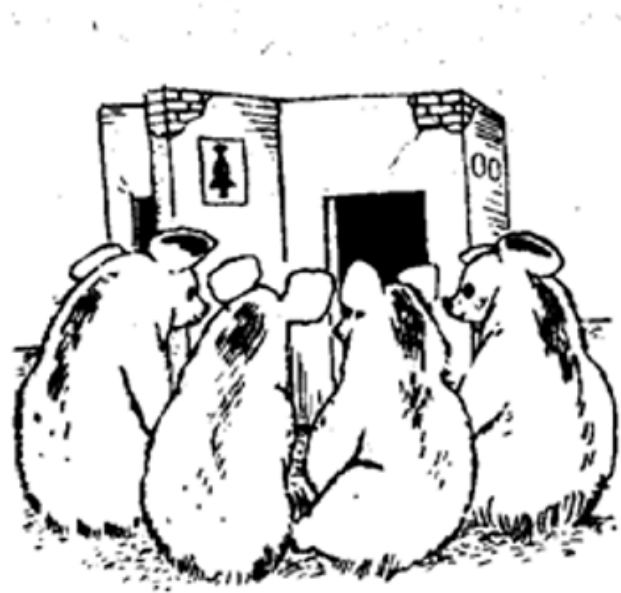
Este extraño procedimiento de completar los recursos energéticos, que tiene cierta semejanza con un motor perpetuo, es fácil de explicar. La cera es una sustancia difícil de digerir. Incluso en el intestino de la tiña, aunque adaptado exclusivamente a dicho producto, nunca la cera es digerida por completo. Así es como se explica la eficiencia de la elaboración repetida de sus propios excrementos.

En la Tierra existen también bastantes -coprófagos permanentes. Algunas especies de escarabajos, garrapatas y gusanos se alimentan únicamente de estiércol. Entre

ellos los hay de profesión especializada, que sólo comen la boñiga de vaca, la de caballo o los excrementos de la liebre.

Resultan ser muy interesantes los estercorarios. Estos escarabajos abren cuevas debajo de los montones de estiércol, que después las llenan con reservas de alimentos para las futuras larvas.

El ateuco o escarabajo sagrado, es objeto de admiración porque hace bolas de estiércol bastante grandes, unas cuantas veces mayor que el propio escarabajo. No en vano los antiguos egipcios lo consideraban sagrado y adoraban su imagen escultural. Cada Apis, buey sagrado que vivía en el templo de Menfis, tenía grabado en su cuerpo la imagen de este trabajador, de saneamiento de la naturaleza.



Las hormigas rojas de los bosques se alimentan casi exclusivamente con las excreciones de los pulgones, que contienen azúcar y otras sustancias alimenticias. Las hormigas no sólo recogen los excrementos de los pulgones, sino que también los protegen de sus enemigos, los crían y los pastan. En otoño las hormigas buscan huevos de invierno de los pulgones para guardarlos en -el hormiguero. Al llegar la primavera, los pequeños laboriosos sacan a los jóvenes pulgones a la hierba y pastan a sus vaquitas, llevándolas cada tarde a su "casa", hasta que lleguen las noches bastante templadas. Ciertas especies de hormigas crían pulgones radícolas (que viven en las raíces), construyendo para ellos minúsculos establos de tierra. Al cabo de un año el hormiguero recoge casi 100 kilogramos de excrementos de pulgón.

Algunos animales sólo son coprófagos durante la "infancia". En los bosques de eucaliptos de Australia vive un animalito encantador, muy parecido a un oseño de felpa. Es el koala, mamífero marsupial, pero que no tiene la bolsa en el vientre, como el canguro, sino detrás. Las crías, en el primer período de su vida, se

alimentan con leche, después, con los excrementos de la madre, que representan una gacha muy rica en peptona, constituida de las hojas digeridas de eucalipto. Merced a que la bolsa del koala se abre hacia atrás, esto resulta muy cómodo para las crías, que cogen su alimento al vuelo, pues los animalitos habitan en los árboles

altos y nunca bajan a tierra.

Y en cuanto a nosotros mismos, ¿cómo se resuelve ese asunto?

¿Probablemente ustedes piensan que el sentido estético natural del hombre no le permite emplear como alimento esas cosas tan singulares? Nada de eso. Recuerden lo de la miel. El origen de este difundido y exquisito producto alimenticio no es nada estético. La materia prima inicial para su producción es el néctar de las flores,



sometido a una transformación preliminar en los buches de las abejas cosechadoras, donde la sacarosa se convierte parcialmente en fructosa y glucosa, para que luego sea regurgitada en las celdillas del panal. Así es como se hace la miel de flores.

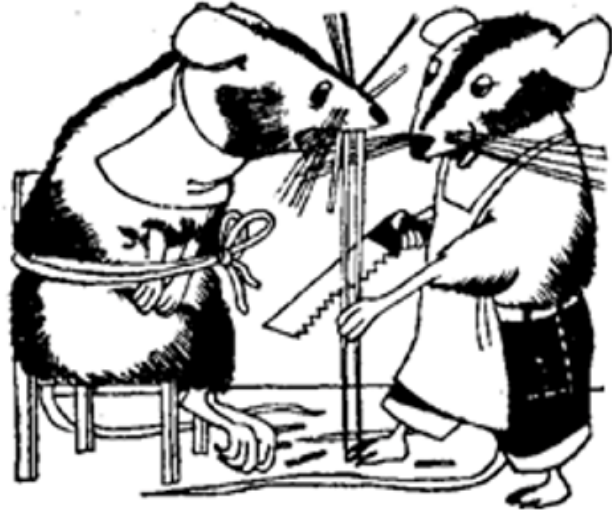
Menos estético aún es el origen de la miel de mielato, la cual se recoge en grandes cantidades en la RFA. La materia prima de dicha miel son los excrementos de los mismos pulgones, con los que se alimentan las hormigas rojas. Mientras tanto, la miel de mielato se considera aquí una golosina.

Dejando aparte los gustos exóticos de los coprófagos, tenemos que reconocer que éstos son animales muy útiles; no sólo limpian nuestro planeta, sino, además, impiden que de la rotación de las substancias desaparezcan los compuestos orgánicos valiosos.

Por lo visto, antes en la Tierra había menos coprófagos. En todo caso, es evidente que ellos no estaban en condiciones de realizar semejante labor. Hace unos 7 u 8 millones de años en Europa vivían reptiles carnívoros gigantes - los ictiosauros. Eran tan grandes, tantísima la cantidad y tan largo el tiempo que duró su reinado, que en

algunos lugares dejaron huellas ponderables de su existencia en forma de grandes acumulaciones de estiércol. ,

Dicen que el tiempo lo ennoblece todo. Hasta cierto punto esto es así. La simple resina de pino, al permanecer en la tierra varios millones de años, se petrifica, convirtiéndose luego en el precioso ámbar. Durante milenios el estiércol de los ictiosauros también fue petrificándose hasta ennoblecerse: desapareció el olor desagradable: Las mayores acumulaciones de coprolito (así se llama el estiércol petrificado) se han descubierto en Inglaterra, cerca de Yorkshire, y en la RFA. Hace tiempo que aquí lo están extrayendo y utilizando con éxito. Moliéndolo menudamente, resulta ser un abono magnífico.



Aunque parezca extraño, pero ésta no es la única forma de emplear el coprolito. En este estiércol se encuentra gran cantidad de sepias (bolsas de tinta de los moluscos fósiles), escamas de peces y huesos sin digerir, cementados sólidamente entre sí. Merced a esto la superficie pulida del coprolito posee dibujos muy bonitos. Por eso el estiércol fósil de los ictiosauros se emplea en la fabricación de pequeños objetos, broches, collares y otros adornos para mujeres.

En realidad, la historia hace a veces virajes divertidos, mientras que los caprichos de la moda femenina no tienen límites.

## 2. Dientes deslizables

Si a ustedes les pidieran que nombraran los órganos más importantes del cuerpo, pocos serían los que recordaran los dientes. En cambio, éstos cumplen una función de gran responsabilidad. Con ayuda de los dientes a menudo se mata la presa, se sujeta y después se desmenuza el alimento. Por lo tanto, la pérdida de los dientes significa la muerte para los animales salvajes. Incluso para el hombre, que aunque

haya aprendido a hacer prótesis dentales y no está limitado en la selección de alimentos, la carencia de dientes propios no le es indiferente, ni mucho menos.

Los dientes tienen mucha importancia, tanto para los animales carnívoros como para los herbívoros. Jimi Courbett, eminente cazador hindú, describe varios casos cuando la pérdida de un solo colmillo obligaba al tigre atacar a los animales domésticos, e, incluso, a la gente puesto que la fiera ya no podía, vencer a los grandes ungulados salvajes, que son su alimento habitual.

Es probable que los roedores sean los animales que dan mayor carga a sus dientes. Incluso los dientes más afilados, del metal más duro, pueden desgastarse muy pronto. Quedaba una salida: el crecimiento. Y efectivamente, los dientes delanteros de los roedores crecen sin cesar y con tanta rapidez, que si priváramos al animal de la comida sólida y los dientes no se desgastaran, crecerían hasta tener dimensiones increíbles y dejarían inválido a su dueño. En un mes los incisivos de las ratas crecen 3 centímetros. Al llegar a la vejez, cada diente, si no fuera por el desgaste, llegaría a tener 70-100 centímetros de largo.

La duración de la vida del elefante es limitada por el estado de sus dientes, puesto que en libertad se alimenta de vegetación que con frecuencia es bastante dura, la cual él tritura con sus potentes dientes molares. El elefante sólo tiene dos pares de dientes activos: un par en la quijada superior y otro en la inferior. Además, en cada quijada hay cinco pares de rudimentos dentarios. Cuando los dientes disponibles se desgastan, éstos caen y en su lugar crecen otros nuevos, y así sucesivamente hasta desgastarse el último, el sexto par. La alimentación del elefante va empeorándose poco a poco y a consecuencia de ello el animal perece.

Para los peces voraces los dientes representan una importancia extraordinaria.

La superficie interna de las mandíbulas del tiburón está sembrada de dientes, formando hileras regulares con sus puntas un poco torcidas hacia atrás. De esta manera le es más cómodo al pez agarrar su botín. Naturalmente que el esfuerzo mayor recae sobre los dientes de las primeras hileras, por lo tanto, se gastan mucho antes. Al tiburón le sería muy difícil si los dientes "delanteros" no fueran sustituidos por otros nuevos. Ya que los dientes del tiburón se están moviendo durante toda la vida del pez. Agachados, como soldados en el ataque, en formación desplegada, hilera tras hilera, van avanzando poco a poco, pero constantemente, moviéndose



paso a paso hacia el borde de las mandíbulas. Las hileras delanteras de dientes viejos y ya gastados van saliendo de la boca y caen después de haber admirado la luz del día, ocupando su lugar los siguientes. Después de haber trabajado a su gusto y desgastarse mucho, estos dientes, a su vez, también desean liberarse, dejando su lugar a los ulteriores, y así toda la vida. Se encontraron algunos tiburones fósiles que no se les caían los dientes y, al llegar a la vejez, tenían toda la parte delantera del morro sembrada de éstos. Esa facultad que poseen los tiburones, de desplazar los dientes, hace posible que el pez conserve hasta una edad muy avanzada su terrible arma en disposición combativa.

Si los dientes estuvieran destinados solamente para desmenuzar el alimentó, no sería obligatorio que éstos se encontrasen en la boca. A veces es conveniente incluso abandonar el taller preparatorio y mudarse a las secciones siguientes. La boca de los peces ciprínidos es desdentada, pero será mejor no meterles el dedo en la faringe, pues precisamente allí es a donde se trasladaron los dientes, y donde se efectúa la elaboración primaria de los alimentos.

Los dientes de algunos peces y tortugas voraces se fueron al esófago. Eso, en resumidas cuentas, no son dientes verdaderos, sino unas púas muy agudas y a veces bastante grandes, que les sirven para impedir a la presa viva evadirse del estómago. El esófago, sembrado espesamente de púas, hace recordar la piel del erizo o de la equidna. Todas las puntas de las púas están situadas en dirección del estómago, por eso el alimento sólo puede moverse hacia ésta, quedando de esta manera cerrado el camino hacia atrás.

Cuando los animales carecen de dientes propios, recurren a la ayuda de las prótesis, Las aves trituran sus alimentos por medio de piedrecitas. En el estómago muscular de paredes gruesas, mediante una fuerza muy grande, el grano, al caer entre las piedrecitas, se tritura con facilidad, igual que si fuera con muelas.

La presencia de piedrecitas en el estómago de las aves es una cosa habitual. ¿Quién no las ha visto al destripar una gallina? Mientras tanto, este fenómeno es bastante enigmático. ¿Qué obliga a las aves a tragar piedras? ¿No será el hambre? ¿Cómo saben ellas que se gastaron las piedras del estómago y que hay que sustituirlas por otras nuevas?

¿En qué se basan las aves para escoger entre un montón de arena aquellas piedrecitas que poseen la solidez necesaria? Por el momento no hay contestación a estas preguntas.

Las aves no son los únicos animales que tragan piedras. Con frecuencia se encuentran guijarros de 350-500 gramos en los estómagos de las ballenas, las morsas y las focas. Ellas, de vez en cuando, eructan estas piedras, por eso es que en las madrigueras, donde los pinnípedos permanecen durante mucho tiempo, se van acumulando enormes montones de piedras, traídas del fondo del mar. Podría pensarse que estos animales han decidido crear en la costa un verdadero museo geológico.

Los científicos todavía no han logrado determinar con exactitud para qué los mamíferos marinos cargan sus aparatos digestivos con objetos tan extraordinarios. Es posible que las piedras, igual que las de las aves, ayuden a triturar las partes duras de la comida: las conchas de los moluscos y los caparazones quitinosos de los artrópodos. Puede ser que sirvan sólo como medio de lucha contra los parásitos intestinales, que tanto molestan a los pinnípedos.

Con frecuencia, los animales que están mucho tiempo sin comer tragan piedras. De aquí surgió la suposición de que las piedras preservan el estómago de la atrofia (reducción de algún órgano o tejido, acompañado de la pérdida de sus funciones), y podría decirse que las piedras le dan trabajo al estómago cuando no tiene nada que hacer.

No obstante, es posible que en los mamíferos marinos esto no tenga relación alguna con los procesos de la digestión. Algunos científicos opinan que las piedras son necesarias en los casos cuando los animales comen demasiado y engordan mucho. Su peso específico medio baja, por lo cual a los animales cada vez les es más difícil sumergirse en el agua. Es posible que para aumentar su peso los vagabundos del mar tengan que coger lastre a "bordo" - tragar toda clase de piedras. Los cálculos demuestran que la cantidad de lastre es suficiente: en el estómago de algunas focas se han hallado hasta 11 kilogramos de piedras.

Los dientes no eran siempre el instrumento más acertado, por eso la naturaleza, sin compasión alguna, los sustituyó por medios técnicos más perfeccionados. Muchos caracoles, pertenecientes a los prosobranquios, se alimentan de moluscos bastante

grandes y revestidos con una concha fuerte. Para roer esta concha con la ayuda de un rallador se necesitarían semanas o meses incluso; además, el rallador se gastaría muy pronto. Los dientes de estos animales fueron sustituidos por una baba, que constituye una solución al cuatro por ciento de ácido sulfúrico. Y no crean que



esto sea una cosa extraordinaria. Si los glandulocitos del estómago del hombre segregan ácido clorhídrico, ¿por qué no podrían los de los moluscos segregar ácido sulfúrico?

El ácido que expelen los caracoles es tan fuerte, que la baba, al caer en el mármol, comienza a chisporrotear, burbujear, disolviendo con facilidad la concha del molusco. El caracol ataca a su víctima, segregando una gota de baba, que muelle una pequeña parte de

la concha. Después el voraz, con ayuda del rallador, limpia el orificio y, metiendo en él la trompa, absorbe a su víctima, que se encuentra indefensa.

No siempre es suficiente desmenuzar el alimento para que pase mejor por la faringe. Por eso en el taller preparatorio, junto con la sección mecánica, surgió también la brigada química - las glándulas salivares grandes y pequeñas. La saliva desempeña muchas funciones importantes, pero, por lo visto, la principal es humectar el bolo alimenticio, sin lo cual le sería difícil penetrar en el esófago. Aquél que haya observado a las tortugas dedos pantanos, habrá podido convencerse de la importancia tan grande que tiene la saliva. Estas tortugas no poseen glándulas salivares, pues estos animales devoran a sus víctimas en el agua y cada bocado de comida va acompañado de bastante agua. Sin embargo, en tierra firme la tortuga es impotente: la comida seca, sin humectar, no le pasa por la garganta.

La saliva de la mayoría de los animales contiene sustancias (fermentos), que ejercen la primera influencia química en la comida digerida. Desarrollando posteriormente estas cualidades, la naturaleza hizo que la saliva fuera levemente venenosa. Pues en la membrana húmeda de la boca, donde los residuos alimenticios

quedan atascados entre los dientes, tratan de alojarse muchísimos microorganismos, la mayoría de los cuales son nocivos para el organismo.

Por lo general, cuando la naturaleza experimenta con los venenos, no se detiene a medio camino, sino que obligatoriamente crea algo capaz de provocar un verdadero horror. Un ejemplo lo tenemos a las serpientes venenosas, cuyo mordisco puede causar la muerte, incluso al hombre.

¿De dónde obtiene el veneno la serpiente? Resulta que no es otra cosa que saliva. El veneno se produce en las glándulas salivares, ligeramente modificadas, pero su conducto va hacia un canal, que pasa por el interior de los dientes. El veneno es segregado en el momento de la mordedura, al presionar sobre una bolsita especial, situada en la base del diente; de ese modo todo caerá en la herida.

Algunas serpientes lograron perfeccionar bastante su terrible arma. Las cobras (la rosada y la cebra) y otras serpientes africanas, por lo visto, para recordarnos que el veneno es la saliva, aprendieron a escupir. Los dientes venenosos de estos reptiles tienen una construcción distinta a la de las demás serpientes. El canal expulsor del veneno no se abre en la misma punta del diente, sino lejos de éste (por lo visto, así es más cómodo escupir) y posee un orificio que se ensancha en forma de embudo. Por eso es que cuando el mordisco no es muy profundo, el veneno puede no caer en la herida; en cambio, el salivazo se dispersa en pequeñas gotas, que vuelan formando un cono bastante ancho. Así, pues, la superficie de impacto del disparo de la serpiente, igual que el de una escopeta de perdigón, crece a medida que aumente la distancia.

Las serpientes escupen virtuosamente y a gran distancia - casi a 4 metros. Semejante alcance se debe a que la serpiente, al lanzar la saliva, reúne la fuerza de presión del veneno, que se encuentra en la bolsa, con la inercia del movimiento, haciendo una fuerte arrancada con la cabeza hacia adelante en el momento que efectúa la expulsión del veneno. Si dicha sustancia cae en los ojos, en la mucosa de la nariz o en la boca de los mamíferos pequeños, éstos perecerán. Esta clase de arma de largo alcance es mucho más efectiva que la de la mayoría de las serpientes venenosas.

Las serpientes no son las únicas que poseen saliva venenosa. En el Océano Pacífico, en la región de las islas Fidji, Nueva Guinea y Samoa viven moluscos gasterópodos -

conos con conchas muy bonitas, que llegan a tener hasta 15 centímetros de largo. Sin embargo, es peligroso coger conos vivos con las manos, puesto que el péfido molusco pretenderá morderle con los puntiagudos dientes del rallador. El veneno de los conos, sobre todo el de los grandes, es mortal para el hombre.

### **3. El secreto milenario ya se descubrió**

Los hombres primitivos ya sabían entonces que el alimento se digiere al caer en los estómagos del hombre y de los animales. Una vez desollado el animal, ellos, naturalmente, también echaban una ojeada al estómago. Pues incluso ahora es rara el ama de casa que no sienta curiosidad por saber lo que ha comido el lucio y de mirar por si acaso hay algo interesante entré las piedrecitas y la arena que se encuentre en la molleja de la gallina. Los cazadores, después de degollar a un animal, en vez de carne, hierba o semillas, encontraban a veces en el estómago y el intestino de su presa una masa pastosa. Se creaba la impresión de que el alimento se cocía aquí.

Acerca de cómo eso transcurre se supo mucho más tarde. El alimento ingerido no varía bajo la acción del calor: incluso en el estómago de los homotermos más "calientes" la temperatura no supera 38-43 grados. Eso no es suficiente, ni mucho menos. La digestión transcurre con la ayuda de los jugos gástricos, que contienen fermentos especiales.

El tracto intestinal del hombre y de los animales representa un laboratorio químico complejo. El alimento, al ingresar aquí, se desmenuza, y mezclándose con los distintos jugos gástricos, va pasando poco a poco de una sección a otra. En cada sección la masa alimenticia se detiene el tiempo justamente necesario para efectuar su elaboración y a ésta se van agregando sustancias especiales. A medida que se efectúa la digestión, o sea, que se vayan descomponiendo las sustancias químicas complejas en simples (las proteínas, en aminoácidos; las grasas, en glicerina y ácidos grasos; los carbohidratos, en monosacáridos), tiene lugar su absorción. Lo que no puede ser digerido y utilizado por el organismo, se expulsa.

Durante el estudio de este proceso se presentaron muchas dificultades. Sólo a finales del siglo pasado, el eminente científico ruso Iván Petróvich Pavlov concluyó un estudio detallado del funcionamiento de las glándulas digestivas fundamentales.

Resultaron una numerosa cantidad de éstas, pero lo principal que se supo fue que para cada tipo de alimento estas glándulas preparan una composición especial de jugos gástricos. Por estas investigaciones Pavlov fue recompensado con la más alta distinción: el Premio Nobel. Aunque parecía que el secreto principal de la digestión se había descubierto, sin embargo, aún era temprano para cantar victoria. Nadie había podido repetir todo el proceso de la digestión del alimento en una probeta de laboratorio, añadiendo en ésta, sucesivamente, todos los jugos gástricos necesarios, como transcurre en los organismos vivos. Es cierto, el alimento también se digería en la probeta, pero muy lentamente, muchísimo más lento que en el tracto intestinal.



Hace poco los científicos soviéticos lograron descubrir también ese secreto: el alimento, que tiene contacto con las paredes intestinales, se digiere antes que el que está dentro de la masa alimenticia. Algo a semejante ocurre cuando se prepara la comida en la sartén: lo que está en contacto directo con sus bordes se fríe mucho más rápido. Aquí la cosa es comprensible, pues las paredes de la sartén están más calientes que la comida que hay en ésta. Pero, ¿por qué la pared del intestino acelera la digestión, a pesar de que no está caliente?

Ante todo había que aclarar, si es verdad que la pared del intestino acelera la digestión. Para convencerse de eso se efectuó el experimento siguiente. En una de las dos probetas, que contenían la misma cantidad de mezcla de almidón y amilasa (fermento que desintegra el almidón), se añadió un pedacito de intestino de un animal recién sacrificado. Aquí la desintegración del almidón transcurría mucho más rápido. De aquí se dedujo que la pared del intestino acelera la digestión del alimento. Pero, ¿cómo sucede eso?

Realizaron otro experimento. En una probeta con una solución de almidón pusieron para algún tiempo un pedacito de intestino. Se suponía que si el intestino contiene

algunas sustancias, mediante las cuales se acelera la digestión, éstas tendrían que segregarse en la probeta. Después sacaron el pedacito de intestino y se añadió amilasa al almidón, pero, al igual que antes, la digestión transcurría lentamente.

¿Puede ser, que no le hubiese dado tiempo al pedacito de intestino a segregar la cantidad suficiente de esta supuesta sustancia? Realizaron un nuevo experimento. Del intestino de un animal recién sacrificado prepararon un extracto. ¡Aquí sí que de verdad tenía que haber la supuesta sustancia! Se le añadió extracto a la probeta con almidón y amilasa, pero la digestión aquí tampoco se aceleraba. Eso significaba que en la pared del intestino no había sustancia alguna, necesaria para hacer la digestión. Entonces, ¿en qué consiste la cosa?

El secreto se descubrió inesperadamente. La propia construcción de la pared del intestino era la que ayudaba a efectuar la digestión. En la superficie de las células del epitelio intestinal, dirigida hacia la luz de éste, hay prolongaciones ultramicroscópicas. ¡Cada célula posee, aproximadamente, tres mil prolongaciones! Merced a eso el área total del intestino es muy grande. En esta enorme superficie se absorben, o sea, se depositan, y se retienen grandes cantidades de fermentos gástricos. Estos juegan el papel de catalizadores, acelerando la reacción química. Los fermentos entran en interacción química con los participantes en la reacción, pero después de terminarla restablecen de nuevo su composición química. Por eso, incluso pequeñas cantidades de catalizadores pueden producir una notable aceleración de las reacciones químicas.

Naturalmente, en la superficie de la pared intestinal, donde la concentración de fermentos es muchísimo más alta que dentro de la masa alimenticia, la digestión transcurre muy enérgicamente. No es necesario que la cantidad total de fermentos sea muy alta, puesto que los mismos pueden utilizarse reiteradamente. Mucho más importante es que aquí se encuentran en gran concentración, por eso, pequeñas cantidades pueden asegurar una aceleración considerable de la digestión del alimento.

De este modo, la asimilación del alimento se realiza en dos etapas. La primera transcurre dentro del bolo alimenticio (aquí la concentración de fermentos no es alta), que va pasando por el tracto intestinal. Aquí sólo se efectúa la elaboración primaria del alimento, los bolos alimenticios se desintegran en otros más pequeños

y éstos, a su vez, en moléculas aisladas. La función principal en cuanto a la digestión del alimento y la destrucción de las moléculas se realiza en la segunda etapa, al efectuarse la digestión en la capa parietal.

La digestión parietal, como llamaron los científicos a ese modo de digestión del alimento, ofrece al organismo muchísimas ventajas. En primer lugar, la posibilidad de asegurar, mediante una pequeña cantidad de fermentos, la alta aceleración de los procesos, acerca de los cuales ya hemos tratado con anterioridad. En segundo lugar, un gran ahorro de fermentos gástricos. Aquellos fermentos que se adsorben en la pared intestinal, se conservan, sirviéndole al organismo durante mucho tiempo, mientras que los fermentos que cayeron dentro del bolo alimenticio salen al exterior junto con los residuos de alimentos no digeridos, y se pierden para el organismo. Y por fin, en tercer lugar, el alimento ya digerido y preparado para la absorción en la sangre, resulta encontrarse precisamente allí, donde transcurre la absorción: en la misma pared intestinal. Eso acelera considerablemente y mejora la absorción.

Dicho descubrimiento ha hecho posible revelar otro secreto más. Los médicos habían notado hace tiempo que a veces ciertas glándulas digestivas del hombre, a consecuencia de enfermedad, casi dejaban de funcionar, sin que el paciente lo notara, puesto que se reflejaba muy poco en la digestión. ¿Cómo se digerían entonces los alimentos? Esta cuestión seguía siendo un enigma, pero hoy día ya tiene explicación. Una cantidad ínfima de fermentos, segregados por la glándula enferma, son adsorbidos por la pared del intestino, donde van acumulándose y conservándose. Eso, precisamente, es lo que asegura la digestión normal de los alimentos.

#### **4. ¿Con qué se alimenta la vaca?**

Puede ser que esta pregunta provoque perplejidad. Cualquiera persona, por muy apartada que esté de la agricultura, e incluso los niños, saben que la vaca se alimenta con hierba. Sin embargo, no se apresuren a dar tal respuesta: los rumiantes, a los que pertenece también la vaca, no se les puede contar como animales verdaderamente herbívoros.



Como se sabe, gran parte de la planta está compuesta por celulosa, con la que están construidas todas las membranas celulares. Para poder utilizarla como material alimenticio y llegar hasta las sustancias más valiosas, comprendidas en el interior de la célula, se necesita un fermento, capaz de desintegrarla. Aunque a primera vista esto parezca extraño, no obstante, las glándulas digestivas de la vaca



no elaboran semejante fermento. Y en general, casi ninguno de los animales, incluso el escólito y la carcoma, que se alimentan exclusivamente con madera, o sea, celulosa pura, no poseen dicho fermento. Los rumiantes, que se han adaptado al tosco alimento vegetal, no lo elaboran ellos mismos, sino que recurren a la ayuda de miríadas de microorganismos, que se han instalado en el tracto digestivo del animal.

La actividad de la colonia microbiana mejor estudiada es la de la vaca. Esta colonia se encuentra en una sección especial del estómago, el rumen. En un centímetro cúbico de contenido de rumen viven 15-20 mil millones de microorganismos. Son precisamente ellos los que se alimentan con la hierba que ingiere, el estómago de la vaca. Comiéndola casi toda, los microorganismos engordan bastante a base del alimento gratuito y así - se reproducen impetuosamente. La celulosa de la hierba sirve para crear las sustancias amiloideas y glucógenas del cuerpo del microbio, mientras que las proteínas vegetales se transforman en proteínas microbianas.

El destino posterior de los microorganismos reproducidos ya no es complejo, puesto que éstos se digieren con facilidad en las siguientes secciones del estómago y el intestino; en cambio, la glucosa, los aminoácidos, los ácidos grasos y algunas otras sustancias, producidos por ellos, sin transformación ulterior son absorbidas en la sangre. Los microorganismos son la fuente principal de las sustancias alimenticias básicas. Por eso a la vaca sería más justo llamarla microfago y no fitófago.

Como es natural, surge la pregunta siguiente: si nosotros no alimentamos a la vaca, sino a los microorganismos que viven en el rumen, en resumidas cuentas no hacemos otra cosa que suministrar materia prima a la fábrica microbiana, ¿podría sustituirse el alimento natural por el artificial? Esta no es una pregunta huera, ni mucho menos.

El punto más débil en cuanto a la producción de carne, leche, lana y otros productos consiste en que la agricultura no está bien asegurada con alimentos ricos en proteínas. En el organismo de los rumiantes la proteína no se produce a base de compuestos no-orgánicos. Toda la necesidad en proteínas el ganado la cubre a cuenta de las plantas, que pueden sintetizarlas de distintas sustancias inorgánicas nitrogenadas. Sin embargo, los alimentos vegetales, excepto las culturas leguminosas, son, pobres en proteínas, lo que representa



una gran desventaja. Pues para producir una tonelada de carne hace falta una cantidad mucho más grande de alimentos pobres en proteínas, que de los que son ricos en éstas. Resulta que al haber pocas proteínas en el forraje, el organismo las utilizará totalmente, en cambio las demás sustancias alimenticias, que se encuentran allí, son asimiladas parcialmente. Por eso, para obtener un aumento de peso suficiente se necesita consumir una cantidad enorme de alimentos sabiendo que parte de éstos se gastan en vano. Por eso los científicos hace tiempo que están buscando un sustituto de las proteínas.

En la actualidad ya se han creado sustancias análogas. Una de ellas es la urea o carbamida. La urea no representa en sí una sustancia del todo extraña para el organismo. En el proceso de la desintegración simple de la proteína se produce una sustancia muy tóxica - el amoníaco, que es inactivado por el hígado y sale del cuerpo en forma de urea.

En la Unión Soviética la utilización de la carbamida, como nutritivo para los animales, se inició en 1959. Al caer en la panza de los rumiantes, la carbamida se

hidroliza allí en amoníaco, del cual, a su vez, se sintetiza la proteína microbiana. El enorme volumen del rumen, que a veces alcanza 100 litros, permite sintetizar una cantidad considerable de proteína. Una tonelada de carbamida da un aumento de 8-10 mil litros de leche, 1.8-2.1 toneladas de carne o 120 kilogramos de lana.

La utilización de la urea como pienso para el ganado debe ser reglamentada rigurosamente. Con esta sustancia no puede alimentarse demasiado al ganado: en este caso a los microorganismos no les da tiempo a utilizar totalmente el amoníaco que se ha formado y a consecuencia de ello el animal se intoxica. La carbamida debe darse junto con otros alimentos, ya que los microorganismos de la panza necesitan determinada cantidad de energía para efectuar la síntesis de las proteínas; energía que reciben a cuenta de la celulosa, los almidones y los azúcares. Además, para la síntesis de la proteína se necesitan vitaminas A y D, azufre, fósforo, cobalto y otras sustancias minerales.

El empleo de urea, como aditamento alimenticio, no tiene nada de extraño. Acerca de esto, igual que en la mayoría de los casos análogos, se "dio cuenta" la propia naturaleza antes que el hombre. Los animales de los desiertos, que viven en condiciones de naturaleza muy severa y pobre y que tropiezan constantemente con una gran escasez de agua y alimentos, aprendieron a utilizar los desechos del metabolismo de proteínas. Cuando el camello pasa hambre, sus riñones casi no excretan urea, ésta queda en el organismo e ingresa en el estómago, en la fábrica microbiana, donde de la urea se sintetiza la proteína.

A causa de su alta toxicidad, la introducción de la urea en la ganadería es bastante limitada. Allí, donde no existe un control severo y escrupuloso de su empleo, son posibles las intoxicaciones del ganado. Por eso ahora se están realizando búsquedas para encontrar los sustitutos más seguros de la proteína.

Ya se ha logrado determinar las causas, que conducen a la intoxicación de los animales al alimentarlos con urea. Resulta que la panza de los rumiantes contiene el fermento ureasa, que hidroliza rápidamente la urea que penetra allí, convirtiéndola en amoníaco, el cual reprime a los microbios. Estos detienen la alimentación y al mismo tiempo, el amoníaco, que se acumuló para ese tiempo en gran cantidad, penetra en la sangre e intoxica al animal. Por eso, para impedir la intoxicación de la

vaca, es necesario crear condiciones que no permitan al fermento ureasa efectuar la hidrólisis, o reforzar la actividad de los microorganismos.

Hace poco en la Unión Soviética fueron probados dos nuevos sustitutos de la proteína: el fosfato de urea y la urea glucósida. La introducción de fósforo en la molécula de urea, según la opinión de los científicos, deberá impedir la acción de la ureasa, así como neutralizar el amoníaco que se haya formado. La introducción de hidrato de carbono en la molécula de urea (segundo sustituto de la proteína) deberá abastecer a los "microbios de la vaca" con alimentos, o sea, abastecerlos con energía para sintetizar de la urea las proteínas verdaderas. Ambas sustancias resultaron ser mucho menos peligrosas que la urea y su empleo dio muy buenos resultados.

Existen también otros métodos de utilización de los sustitutos de la proteína. Los microorganismos pueden cultivarse en las granjas y después alimentar con ellos al ganado. Este procedimiento resulta ser más caro, más complejo y menos efectivo, pero es totalmente inofensivo y permite mejorar la nutrición, no sólo de los rumiantes. En el laboratorio del profesor L. D. Petrov, a cuenta del desarrollo de los microorganismos en la patata, enriquecida con carbamida, la cantidad de proteína en el medio aumenta tres veces en 48 horas. Con este pienso, rico en proteínas, también puede nutrirse con éxito a los cerdos.

Así, pues, la particularidad interesante de la digestión de los rumiantes impulsó a los científicos a la idea de poder enriquecer los alimentos naturales con proteínas mediante la síntesis microbiana, teniendo la esperanza que en un futuro próximo gran parte del alimento para el ganado comenzará a producirse en los talleres de las fábricas y no en los campos.

## **5. Existen distintas clases de cazuelas**

Los organismos unicelulares no poseen cazuelas especiales para prepararse la comida. Alrededor de los alimentos ingeridos se forma en estos animales una vacuola digestiva, o sea, una cazuela temporal, que desaparece después de haberse asimilado el alimento.

En los organismos más complejos la cosa resulta completamente distinta. Los primeros seres multicelulares que aparecieron en nuestro planeta -los pólipos y las

medusas - son simplemente cazuelas vivas. Esta semejanza no es tanto por su aspecto exterior, como esencial. A simple vista, más bien hacen recordar a una bolsa, o un saquito, compuesto de dos capas de células, con un orificio, por el que ingresa el alimento y después se arrojan al exterior todos los residuos no digeribles. Aquí, en la cazuela células especiales segregan unas sustancias en los alimentos, bajo la acción de las cuales éstos se cuecen ligeramente y se desintegran en pedacitos, que son atrapados por las células de la pared interior de la cazuela, donde acaban de cocerse. Naturalmente, no todas las células de las paredes de la cazuela pueden llegar hasta el pedazo exquisito, pero ellas no son egoístas, comparten el alimento con sus vecinas hambrientas. Además, las propias células de estos animales no están muy sujetas. Parece como si se movieran lentamente, cambiando de lugar. Es posible que las células ya saciadas, luego de acumular reservas de sustancias alimenticias, sean desplazadas hacia un lado por las células hambrientas.

La cosa se complicó bastante al aparecer seres altamente organizados. El problema de la digestión ya se había estudiado y no suponía grandes dificultades. Sin embargo, el problema de llevar las sustancias alimenticias hasta cada una de las células del cuerpo no estaba elaborado del todo. Al principio esta función la desempeñaba el sistema digestivo.

Hablando sencillamente, el intestino procuraba llegar hasta cada una de las células del cuerpo.

Así es como aparecieron los turbelarios cladóceros. Estos seres poseen un intestino enorme, parecido a un árbol muy ramoso, que le sirve de base, alrededor del cual se puebla el cuerpo. Gracias a esto, todas sus células están saciadas. Claro, el sistema de suministro, que ocupa casi 4:5 partes del cuerpo, es muy voluminoso y en lo sucesivo la naturaleza no pudo ir por ese camino, delimitando estrictamente las funciones de la digestión y de la suministración.

La naturaleza está llena de contrastes. A la vez que se hacía la prueba con los enormes órganos digestivos, se intentó también probar la posibilidad de prescindir de éstos. A decir verdad, ¿para qué hacen falta? Acaso ¿no sería más fácil regar el alimento con fermentos gástricos y luego de haberse digerido, absorber simplemente las sustancias alimenticias?

Entre esos mismos turbelarios existen también pequeñísimos animales sin tubo digestivo.

El único órgano digestivo que poseen es la faringe, que segrega un jugo gástrico sobre la presa, absorbiendo después el alimento semidigerido. La faringe se apoya en las células digestivas parenquimatosas, privadas de membranas y sin delimitación entre éstas, a donde ingresan, igual que en una gran ameba, las partículas alimenticias, siendo aquí digeridas definitivamente. Como estos animales



son muy pequeños, las demás células del cuerpo pueden alimentarse de cualquier manera.

La idea de sacar al exterior la cocina con toda su vajilla sucia y la masa de desechos alimenticios resultaba ser muy acertada y así es como muchos animales comenzaron a emplear exitosamente este método original. Quien con más frecuencia recurre a dicho método son las minúsculas larvas de los insectos que viven en los tejidos

de los animales y de las plantas. Siéndoles muy difícil a las débiles mandíbulas de las larvas abrirse paso a través de los tejidos vivos, se valen de la secreción de jugos gástricos, mediante los cuales las células circundantes van ablandándose y las larvas, comiéndose la comida ya hecha, van avanzando poco a poco. Este método también es procesado por los insectos adultos, que hincan el agudo estilete en las hojas o en otras partes de la planta e inyectan allí fermentos gástricos, bajo la acción de los cuales se destruye la estructura celular y transcurre la hidrólisis del almidón y los polisacáridos en monosacárido. Esta confitura, lo suficientemente cocida, representa una delicia para los golosos, que la succionan con gran placer. En caso de que los insectos prefieran un alimento de carne, entonces hincan el estilete en el cuerpo de sus cofrades o de cualquier otro animal, inyectándole una gotita de fermentos debajo de la piel.

Este mismo método de sacar la cocina al exterior lo utilizan también los animales grandes. En todos los océanos del globo terráqueo vive la estrella de mar. Este animal, bonito y lento, es terriblemente voraz. Su alimento preferido son las ostras. La estrella de mar hace verdaderos asolamientos en los ostrales. Durante mucho tiempo fue un secreto cómo la torpe estrella de mar abría las valvas de la ostra. No hace mucho se logró descubrir el hábito de caza de este voraz. Resulta que la estrella de mar no intenta abrir por la fuerza las valvas de la concha del molusco. Ella obra de otra manera mucho más sencilla. Volviendo del revés su estómago, la estrella acecha el momento cuando la ostra abre la concha, aunque sólo sea un poquito. Una ranura de un milímetro de ancho le es suficiente para que el estómago penetre en la casita del molusco. De este modo la estrella de mar, sin inconveniente alguno, puede digerir a la víctima en su propia morada. Y cuando el molusco haya perecido y las valvas se abran por sí solas, entonces ya no será difícil "roer" también toda la superficie interna de la concha.

Algunos animales contemporáneos han preferido no embrollarse con el guiso y buscan un "comedor" cómodo o "restaurante" barato para alimentarse allí constantemente. Se trata del helminto - parásito intestinal. Este ser nocivo y repugnante no se ha preocupado por adquirir órganos digestivos, o mejor dicho, simplemente ha procurado librarse de éstos, pues sus antepasados, evidentemente, poseyeron algunas de estas adaptaciones.

Los parásitos intestinales prefieren tener la vida a cubierto, lo cual se les da fácilmente. Encontrándose en los intestinos del hombre o del animal, ellos, a través de los tejidos, chupan con todo su cuerpo el alimento digerido, que había preparado para sí el dueño.

Por lo demás, es posible que no les fuera fácil adaptarse a esa vida. Pues para poder vivir en el intestino tuvieron que acostumbrarse a pasar sin oxígeno y proveerse de una cutícula (membrana superficial), cuya resistencia pudiera preservarles de ser digeridos por los jugos gástricos del dueño, pero que tampoco les impidiese absorber los alimentos digeridos por ellos.

A estos parásitos intestinales no se les puede llamar totalmente holgazanes, puesto que de todas maneras tienen que trabajar para realizar la absorción. En el mundo

existen seres que son mucho más holgazanes. Hay una anécdota ucraniana muy graciosa referente a esos gandules, que es la siguiente.

Una vez le propusieron a un holgazán que se contratase para realizar un trabajo.

- ¿Y qué es lo que debo hacer? - preguntó él. - Un trabajito muy fácil - le contestaron. Mojar raviolas en crema de leche y tragarlos, eso es, mojar y tragar.

- No, - respondió el holgazán después de haberlo pensado - tragar... y además mojar, no. Así el holgazán se negó rotundamente del trabajo que le habían propuesto.

Gandules como éste viven también en las profundidades del océano. Son los machos de los acantópteros. Durante mucho tiempo los científicos consideraban que los machos y las hembras de estos peces eran especies totalmente distintas, pues no se parecen en nada uno al otro. Los machos son mucho más pequeños que las hembras y no tienen la famosa caña de pescar. Al ser adulto, el macho comienza a soñar con su amiga y emprende su búsqueda. El amor hacia su futura esposa es motivo para que el pez pierda totalmente el apetito o por lo menos no hay otra cosa que le impida comer. No obstante, se pasa sin meter nada en la boca y en caso que no encontrara a la hembra antes de consumir toda su reserva de grasa subcutánea, muere de hambre.

Tampoco es fácil para él encontrar una amiga ya que estos peces son muy raros y llevan una vida solitaria. De todos los peces-hembras que se han pescado, son muy pocas las que llevaban consigo al macho. Es comprensible, que si después de todo ha tenido lugar el encuentro, el macho siente miedo quedarse sin su amiga, por eso, sin perder tiempo, se aferra a ella con los dientes en cualquier lugarcito blando y allí queda colgando de su esposa. Poco a poco va adhiriéndose a la hembra, sin que a esto moleste la incompatibilidad de tejidos ajenos. Simultáneamente se le atrofian los órganos de los sentidos y casi todos los órganos internos, incluyendo el sistema digestivo. Sólo los testículos continúan funcionando con gran intensidad. Todo lo necesario: el oxígeno y las sustancias alimenticias, el esposo lo recibe de la hembra a través de la sangre. El holgazán ni siquiera tiene que absorber, mojar o tragar el alimento, sólo distribuirlo uniformemente por todo el cuerpo.

La digestión externa con frecuencia conduce a casos curiosos. Si los animales con órganos digestivos bien desarrollados procedieran de esa manera, entonces,



naturalmente, surgiría la pregunta siguiente: ¿para qué sirven las cazuelas superfluas? La naturaleza no tolera demasías. Los órganos inútiles deben desaparecer o recibir nueva designación. Así ocurrió con el tracto digestivo de las larvas de las mermis, diminutas lombrices nematodos parasitarias.

El primero que se fijó en la digestión tan extraña de las mermis fue Gans Meisner, investigador alemán. Este notó que el esófago de las larvas era muy estrechito y sus paredes carecían de musculatura. Las crías de los nematodos se alimentan con líquidos, pero es poco probable que un esófago tan débil sea capaz de absorberlos. Verdad es que uno de sus colegas supuso que el alimento se absorbía en el esófago, a consecuencia de fuerzas capilares especiales, mediante las cuales el alimento penetraba directamente en la boca y de esta manera a las mermis no les quedaba otra salida que tenerla abierta.

Pero Meisner no vivía en armonía con la física y tampoco creía en las fuerzas capilares. El científico seguía sin apartarse del microscopio y al fin y al cabo fue recompensado. Una de las tantas veces que examinaba al sorprendente sistema digestivo de las mermis descubrió por casualidad que el esófago de las larvas era ciego, no se unía con el intestino (las mermis no poseen estómago y el intestino está directamente unido al esófago) y que, en general, el intestino no tenía entrada ni salida. Pero el científico no pudo explicar de qué modo se alimentan las mermis. Sólo en nuestros días se logró adivinar ese enigma.

La digestión de las mermis es externa. En el esófago de los pequeños nematodos no se ingiere ningún alimento. Al contrario, en los tejidos que le rodean se producen jugos gástricos, los cuales van introduciéndose poco a poco en el esófago y de aquí salen al exterior. A éstos se les añaden unos fermentos, que fluyen del cuerpo de las mermis por un canal especial hacia la cutícula - membrana del gusano. Los jugos gástricos digieren los tejidos del dueño, donde está viviendo la larva, y la comida ya preparada se absorbe directamente a través de la cutícula, siendo la sangre la encargada de distribuirla por todo el cuerpo.

En este caso, ¿para qué les hace falta el intestino a las larvas? Sólo una parte del alimento, que ha pasado a la sangre, se consume para el desarrollo y otras necesidades del organismo; los sobrantes van de la sangre al intestino. Presten

atención, el alimento no pasa del intestino a la sangre, como sucede en todos los animales honestos, sino al contrario, de la sangre al intestino.

El intestino de las mermis no está vacío. Su lumen está relleno de células especiales. En ellas se depositan las sustancias alimenticias en forma de gránulas albuminosas y grasosas. El intestino le sirve a las larvas de almacén para los productos alimenticios. Al ser adultos dejan de alimentarse, consumiendo las sustancias antes acumuladas, para crear productos genitales y para las demás necesidades energéticas. Sería imposible la reproducción de las mermis sin la acumulación correspondiente.

En los animales superiores son frecuentes los casos, cuando las cazuelas tampoco se utilizan como es debido. En los mamíferos el sistema digestivo comienza por la cavidad bucal, de la cual sale el esófago, que llega al estómago. A continuación se extiende toda una crujía de cazuelas: el duodeno, el yeyuno, el íleon, el intestino ciego, el colon, el apéndice vermiforme y el intestino recto. En el hombre éstos alcanzan 8,5 metros de largo y en los animales herbívoros mucho más. En cualquier lugar de esta trompa pueden cortarse unos 50-70 centímetros, sin que por eso se causen trastornos a la digestión. Únicamente no pueden tocarse los primeros 25- 30 centímetros del duodeno. Los animales despojados del duodeno perecen en los primeros días después de la operación, y aquellos que logren sobrevivir los primeros días tan difíciles, mueren al cabo de 1-3 meses. La temperatura les baja mucho, a veces en 4 grados, pierden el apetito, adelgazan poco a poco y para finales del segundo o tercer mes llegan a perder hasta el 60 por ciento de su peso inicial y al fin mueren.

Los científicos todavía no han establecido definitivamente a qué se debe esto. Existen dos suposiciones: o la eliminación del duodeno causa trastornos al proceso de digestión, o el duodeno, además de su principal función digestiva, desempeña otras también muy importantes para el organismo. Las observaciones testimonian a favor de la segunda suposición. Cuando al animal operado le dejan 3 ó 4 centímetros de duodeno, no perece. Eso significa, que no es la propia operación quirúrgica la que produce la muerte del animal, sino la ausencia del duodeno. El duodeno puede excluirse totalmente del proceso digestivo, sin eliminarlo del organismo, y llevando los alimentos por un rodeo. El animal seguirá viviendo en

esas condiciones igual que antes. Esto significa que lo importante no es la participación en el proceso digestivo, sino alguna otra función. Por lo visto, el duodeno es una glándula endocrina, que segrega a la sangre sustancias muy importantes, pero desconocidas hasta el momento.

También es muy interesante el papel defensivo del hígado de los moluscos nudibranchios. Este es un órgano muy grande, compuesto de numerosos lóbulos, cuyos conductos se unen y van a dar al estómago.

Los canales glandulares del hígado atraviesan todo el cuerpo del molusco. En la parte dorsal estos canales penetran en unos apéndices, que tienen la forma de tentáculos; y en su parte superior se abren hacia el exterior. Precisamente aquí, en el epitelio de los canalículos, se encuentran numerosas cápsulas urticantes, que representan una terrible arma defensiva. Lo más interesante es que las cápsulas urticantes no pertenecen a los propios moluscos, sino que las alquilan a los pólipos hidrozorios, devorados por ellos.

Dichas cápsulas urticantes no se digieren en el tracto digestivo, sino que ingresan en los apéndices del hígado. Aquí ellas no pierden la capacidad de disparar sus arpones venenosos tan pronto hagan contacto con su dueño - el molusco. Así es como el arma de la víctima pasa a ser propiedad del vencedor.

Es muy peculiar el papel defensivo que desempeña el intestino de los moluscos cefalópodos. Los calamares y las sepias están provistos de una bolsa de tinta, situada junto al orificio anal. Esta es una glándula periforme, que segrega un líquido negrozco, parecido a la tinta. Es suficiente que el animal suelte unas gotas de esta tinta para que se enturbie el agua. Precisamente en esto está el sentido de la glándula. Cuando el molusco se ve en peligro, echa una "cortina de humo" y bajo su protección desaparece en las profundidades del mar.



Muchos moluscos saben soltar su tinta de tal manera, que sin mezclarse ésta con el agua, queda suspensa como si fuese una enorme gota, la cual hace recordar, por la forma, a su creador. Así es como el astuto molusco mete su doble al perseguidor. Con esto debería terminar ya el relato acerca de las cazuelas, si los científicos no hubieran tropezado con otro ser sorprendente, que habita en las profundidades del Océano Universal. Se trata de las pogonopheras, cuyo estudio es objeto de atención especial en los últimos años.

Las pogonopheras fueron descubiertas y estudiadas hace relativamente poco por A. V. Ivanov, eminente zoólogo ruso. Por su aspecto exterior más bien se parecen a unos gusanos estrechos y alargados con un turbante de tentáculos en el extremo de la cabeza. Tienen desde 1 hasta 220 tentáculos. A veces están mancomunados en



forma de tubo o de una espiral. Las pogonopheras viven, como si fuera en cuevas, en unos tubos largos, contruidos por ellas mismas.

La pogonophera es un ser bastante desarrollado. Posee sistema nervioso y sistema circulatorio cerrado, pero aún quedan por descubrirse los órganos digestivos. Todavía se ignora cómo pueden pasar sin dichos órganos. Ivanov hizo una interesante suposición, en la que explica este caso curioso.

Según su opinión, la pogonophera se vale de la digestión externa. He aquí cómo el científico se imagina este proceso. Una vez cazada la presa adecuada, el animal se esconde con ésta en su tubo y allí, enredándola con una capa densa de tentáculos, crea, por así decirlo, la cazuela improvisada, donde las células, situadas en la base del tentáculo, segregan fermentos gástricos, mientras que los propios tentáculos absorben el alimento digerido.

Es difícil decir, hasta qué punto esa suposición respondo a la realidad. Pero, indudablemente, la digestión de las pogonopheras es otro invento admirable de la naturaleza.

## 6. La industria alimenticia

Va la segunda mitad de agosto. Aún hace calor, pero ya se siente la aproximación del otoño: oscurece más temprano, se hace más espesa la neblina matutina. Alrededor se notan ya los indicios del otoño: en los prados hace tiempo que se alzaron las hacinas aromáticas, comenzó a brillar el primer oro entre el espeso follaje de los abedules.

Para los campesinos llegó la época del gran trasiego - la recolección de la cosecha está en su apogeo. Por todo el país, desde Arjánguelsk hasta las vastas estepas kazajas, se oye desde la madrugada el ruido de los motores sobre los campos. Los mostradores de las tiendas están abarrotados de hortalizas y frutas, del sur ha llegado la primera uva.

En el bosque es donde mejor se está en estos días. En los claros lozanos y soleados del bosque, así como a la sombra de los abetos seculares, se siente la fragancia de las bayas maduras, en las quebradas huele a setas. Los viernes y sábados multitud de gente, con cubos y cestas en la mano, se apresura hacia los trenes suburbanos y el lunes se esparce por la ciudad un agradable olor sazonado - las amas de casa preparan confituras, marinan y secan setas.

En esta temporada los animales también recogen su cosecha. Muchos de ellos no podrán sobrevivir el crudo invierno sin haber hecho provisiones. Por eso los animales aprendieron a acopiar con anticipación. Tan pronto como haya oscurecido y cesado el ruido de los motores en los campos, los roedores salen cautelosamente de sus cuevas: los ratones, los campañoles y los hámsteres llevan a sus depósitos subterráneos los mejores granos selectos. En cada cueva de hámster puede haber almacenado 3 ó 4 kilogramos. Cuando comiencen los fríos y los campos se cubran de nieve, estos pequeños gorriones no tendrán que salir a la superficie. En sus cuevas no pasan frío, comen opíparamente y, lo principal, no corren peligro alguno. Los pobladores del bosque no se quedan atrás de sus compañeros. En el linde de un claro, entre las espesas ramas de un pino seco, alguien colgó setas. ¿Quién es ese recogedor de setas y por qué las seca en el bosque? ¡Pero si es la traviesa ardilla! Corriendo por el bosque, ella ora mete una avellana o una bellota madura en un hueco, ora cuelga una seta en una rama - en invierno todo ha de servirle.

A la pequeña ardilla rayada le gusta acopiar cédrides. Pero no siempre ella puede disfrutar de sus reservas. Las sabrosas cédrides les gustan a todos, en cambio extraerlas de la piña es una labor fastidiosa. El dueño de la taigá - el oso plantigrado - prefiere excavar la despensa U la ardilla y desayunarse sin desvela alguno. Y si el almacenero se queda con la boca abierta, el oso puede atraparlo también.

En los prados alpinos de Alta crecen hermosas hierbas. Aquí, con la llegada del otoño, aparecen montoncitos de heno. Si observamos atentamente estas pequeñas hacinas, veremos que el helio no está amontonado como quiera, sino colocado cuidadosamente. Tampoco hay aquí muchas de las hierbas que crecen en el prado, tan sólo las más sabrosas y alimenticias. El dueño de estas reservas es un pequeño roedor, llamado chinchilla. Al acercarse el otoño este animalito comienza sus faenas de la recogida del heno. Primero corta los mejores tallos, luego los esparce para secarlos y más tarde los recoge, formando pequeñas hacinas. Así tendrá asegurado un heno magnífico durante todo el invierno.

Las abejas comienzan a hacer provisiones en primavera. Tan pronto el sol caliente un poquito la tierra y en los contornos empiecen a florecer las primeras flores, salen las abejas a recoger el néctar e inician los preparativos para la cocción de la confitura - la miel. Sin embargo, no es fácil prepararla: se necesita mucha materia prima y los cocineros deben estar bien capacitados, de lo contrario no se logrará una buena cocción.

El néctar recogido en las flores contiene 40-60 por ciento de agua. Las abejas deberán "cocerlo" de tal manera, que en él no quede más del 20 por ciento de agua. Una familia sana y fuerte puede acopiar, durante la temporada unos 150-250 kilogramos de miel; esto significa que deberán evaporar 180-350 litros de agua. No es cosa fácil. Y menos mal si hace buen tiempo. En caso de que baje la temperatura, las abejas se reúnen en los panales para calentarlos con sus cuerpos. La miel ya totalmente preparada se traspa a una celdilla especial, se tapa con cera y así el tarro con la confitura estará listo. Aquí la miel se conservará hasta el momento que le haga falta a la familia de las abejas. Si la miel está bien preparada, nunca llegará a fermentarse o granularse.

Los científicos no saben todavía por qué la miel puede conservarse durante muchos años. Por lo general, los culpables del deterioro de cualquier producto, incluyendo las confituras y las conservas, son los microorganismos. Estos se eliminan mediante un hervor prolongado, cerrando después herméticamente la vasija para que no puedan penetrar del exterior.

Las abejas preservan la miel sin necesidad de hervirla. Este producto contiene ciertas sustancias que son perniciosas para los microorganismos. Esta propiedad se emplea en la medicina popular: desde tiempos remotos la gente cura las heridas con miel.

Más difícil aún es proteger la confitura de los exfoliadores. Y no es de extrañar que los dueños guarden como oro en paño su tesoro. La guardia está con ojo avizor en la piquera. Al menor peligro sale al encuentro del enemigo una nube de defensores y sin piedad para su propia vida, comienzan a picarle. El olor a aguijón recién arrancado sirve de señal para el combate, excita a las abejas, las enfurece y pobre del que en ese momento se encuentre cerca de la colmena. Incluso el plantígrado, que es el dueño de los bosques, con frecuencia retrocede ante estos impetuosos ataques.

Parece que no hay fuerza capaz de enfrentarse a las abejas. No obstante, la tentación de paladear la miel es tan grande, que se encuentran valientes. De día y de noche, con tiempo bueno o malo, por la fuerza o por astucia, los expoliadores se acercan cautelosamente a la miel. Los más temerosos son los animales pequeños - los insectos. No se pueden vigilar.

El hombre lucha contra los insectos con la ayuda de la química. A la polilla la espanta el olor de la naftalina. Los insectos se exterminan con insecticidas, como es el DDT y otras sustancias tóxicas. Las abejas inventaron la defensa química miles de años antes que el hombre. En la naturaleza abundan las plantas venenosas, pero las abejas les conocen muy bien e, incluso, recogen el néctar de algunas de ellas. Pese a que el néctar tóxico también puede matar a las propias abejas; (aunque éstas no son muy sensibles a este jugo), no obstante, la concentración de esta añadidura tóxica que se encuentra en la miel no representa peligro alguno para los dueños de la confitura. Sin embargo, pobre de aquél expoliador que se haya

hartado de miel envenenada - perecerá. La desinsección, efectuada a su tiempo, conserva la miel para las abejas de la colmena.

A los rapaces les es mucho más difícil acopiar alimentos. El alcaudón lánido ensarta escarabajos, lagartijas y ranas pequeñas en las púas de los arbustos espinosos para secarlos al sol. Nadie sabe si lo hace como consecuencia del exceso de alimentos o si está aprovisionándose para los malos tiempos. Este alimento de fabricación casera es poco digerible, aunque no son tantos los animales que saben preparar verdaderas conservas de carne.

Los icneumones inventaron un método muy original para conservar víveres. A decir verdad, no es que se preocupen de sí mismos, sino de sus descendientes. Las pequeñas y tiernas larvas necesitan alimento fresco, pero para sus madres no es muy agradable



la perspectiva de estar cuidando y alimentando a sus hijos. Por eso procuran asegurarles con vivienda y alimentos, prefiriendo abstenerse de los encuentros personales.

La morada para sus hijos no es difícil construirla. Esta consiste en una cueva profunda, cuya entrada la madre cierra después cuidadosamente. Lo más difícil es la cuestión del alimento. ¿Cómo conservarlo fresco, si en la cueva no hay refrigerador? Los icneumones aprendieron a preparar conservas. Al encontrarse con alguna oruga, araña, escarabajo o larvas del mismo, la madre cuidadosa se lanza sobre la presa. Es inútil luchar. Ensillando a su víctima, el voraz le hinca el aguijón y así la victoria ya está asegurada. La avispa traslada a su presa exánime a la cueva, pone encima de su cuerpo uno o varios huevos, luego cierra la cueva y... hasta la vista, queridos hijos, vivan como quieran. El botín permanecerá en la cueva sin dañarse hasta que la larva salga del huevo.

Aquí la cosa consiste en que la conserva está viva. Los icneumones, al atacar a sus víctimas, no les asestan los golpes en cualquier parte, sino en un lugar



determinado. El aguijón, al traspasar el cuerpo, llega hasta los ganglios del sistema nervioso y como si fuera una jeringa, le inyecta allí una gotita de veneno, provocándole la parálisis. Incluso seres tan archipeligrosos, como son las tarántulas, tampoco han podido evitar esta triste suerte. Para poder vencer a la terrible presa y poner en seguridad tanto a sí mismo como a sus descendientes, el icneumon primeramente tiene que obligar a la araña a hacer medir el suelo (sólo las madres pueden ser tan abnegadas) y entonces la hinca el aguijón en el lugar apropiado, paralizando el ganglio nervioso, el cual gobierna los tentáculos venenosos. Después el vencedor, sin apresurarse, pica a la araña en el tórax, para provocar la parálisis general de la víctima.

La lucha contra la araña es tan peligrosa, que muchas avispas no se deciden atacarla, sino prefieren esperar a que esto lo haga alguna de sus compañeras. Aprovechando el momento, mientras la vencedora busca una cueva adecuada, le roban la conserva preparada o pone en ésta sus huevos.

Con estas provisiones tiene lo suficiente. La madre pone sus huevos de tal manera que las larvas devoren, en primer lugar, aquellas partes de la víctima, cuya ausencia no provoque su muerte. Aunque hayan comido 1/2 ó 3/4 partes de la víctima, de todos modos ésta se conservará viva.

Las provisiones vivas se conservan muy bien. Son mejores y más alimenticias que las conservas preparadas por nosotros. La gente todavía desconoce la preparación de semejantes conservas.

No son menos originales las conservas con las que se alimentan algunas especies de la mosca gálica. Las relaciones recíprocas entre los padres e hijos de las moscas gálicas es, por lo visto, el ejemplo más convincente de la abnegación de los padres: el acopio para sus hijos lo constituye la propia madre.

La vida de dichos insectos transcurre de la manera siguiente. En primavera sale del huevo la larva de la mosca gálica. Esta larva jamás llegará a ser adulta, pero, no obstante, tendrá tiempo para dar descendientes. Las larvas no ponen huevos, éstas quedan en el cuerpo de la madre y allí se desarrollan. Más tarde, cuando de éstas se críen 8-13 hijitas diminutas, poco a poco, sin apresurarse, empezarán a comer por dentro a su madre y después de esto abandonarán el pellejo vacío. No hay que culparles de ingratitud y crueldad, pues en su cuerpo, a su vez, también crecerá una

decena de "cariñosas" hijas, a las cuales las madres se entregarán hasta el final de sus días. Únicamente la generación otoñal de larvas-madres no será devorada por las larvas-hijas. Esta última generación de larvas se transformará felizmente en crisálidas, de las que saldrán moscas gálicas adustas. En la primavera éstas pondrán huevos y todo comenzará de nuevo.

## **7. Fábrica - cocina**

Indudablemente, si usted se da un paseo por las calles de una gran ciudad, tropezará con tiendas especiales, donde se venden productos para enfermos dietéticos y para niños. El estómago del niño no está en condiciones de digerir los alimentos que comemos nosotros, los adultos. Para ellos hay que hacerles papilla a base de leche, rayar las hortalizas, hacer croquetas al vapor. Esto mismo hacen los animales. El gorrión común es un pájaro sumamente granívoro, pero cuando llega el tiempo de alimentar a sus crías aunque a él le da repugnancia, les trae a sus hijos gusanos, moscas y demás bichos.

Si la cosa nada más consistiese en la incapacidad del estómago del niño de digerir uno u otro alimento, la naturaleza, sin esfuerzo alguno, hallaría la solución de este problema tan simple. Por ejemplo, los lobeznos: en sus estómagos no se producen fermentos, capaces de digerir la carne. A los padres esto no les desconcierta en absoluto. Los lobos adultos ingieren la presa en su propio estómago y cuando allí se haya cocido lo suficientemente bien, la eructan y con esta carne semidigerida e impregnada con jugos gástricos, alimentan a los lobeznos. Así que los pequeños no sólo reciben productos alimenticios, sino también jugos gástricos. De una manera análoga podría actuar cualquier animal, pero de todas maneras esto no resolvería el problema. En los alimentos de los adultos puede faltar alguna substancia, muy importante para el desarrollo del organismo, por eso cada especie de animales emplea sus productos especiales, con los que alimenta a sus pequeñuelos.

El alimento para los hijos debe responder a una serie de requisitos: que contenga absolutamente todo lo necesario para el crecimiento y el desarrollo normal; que pueda digerirse fácilmente en sus pequeños estómagos; que haya la cantidad suficiente y que pueda ingerirse regularmente. Incluso a la naturaleza, siendo ella una gran inventora, le fue difícil resolver ese problema.

Al fin y al cabo se halló la solución, pero para eso hubo que dotar a los padres con una cocina, o mejor dicho, con una lechería: ¡en la Tierra aparecieron los mamíferos! Esta revolución tuvo grandes consecuencias.

La facultad de alimentar a las crías con leche (lactación), manifiesta en los lejanos antepasados de los animales mamíferos, así como la viviparición, relacionada con ésta, determinaron toda la marcha ulterior de la evolución animal en nuestro planeta. Con esto se había garantizado la alta supervivencia de la generación, lo que, a su vez, hizo posible la reducción brusca del número de crías. La joven generación estaba asegurada contra los caprichos del clima. De esta manera, ni el frío, ni la sequía, ni las lluvias torrenciales, ni la escasez temporal de alimentos, podían perjudicar a las crías de los mamíferos. Mientras que en el cuerpo de la madre se conservase, aunque tan sólo fuera una gota de grasa, la lechería continuaría funcionando normalmente. Las hembras de algunos mamíferos, mientras están amamantando a sus hijos, no comen nada. Así proceden los osos pardos. Los oseznos nacen en invierno, mucho antes de que la madre abandone la madriguera.

Como consecuencia de la convivencia prolongada de los hijos con los padres, o sea, de la aparición de la familia, el carácter de la evolución de los mamíferos se modificó considerablemente. Las crías de estos animales con frecuencia sobrevivían y se adaptaban mejor con los padres, que conocían cómo obtener, mejor los alimentos y cómo defenderse. En vista de que los hijos, por lo general, se parecían a sus padres, al fin de cuentas sobrevivían las crías que mejor estaban adaptadas. Esto aceleró el ritmo de la evolución.

Otra cosa diametralmente distinta ocurre con los peces y los anfibios. Aquí tenemos, por ejemplo, que entre animales análogos, los padres, en cuanto a fuerza y resistencia, pueden ser campeones olímpicos, así como profesores en cuanto a inteligencia. Pero a veces ocurre que sus huevas y alevinos en el período de incapacidad perecen todos, en cambio puede sobrevivir una generación de padres estúpidos y menos adaptados. Por eso la evolución de los animales inferiores transcurre lentamente, sin apresurarse.

La aparición de la familia en los mamíferos creó condiciones para que su evolución marchara por un nuevo camino.

En el mundo animal sobreviven, en primer término, los seres más veloces y más fuertes. Para los mamíferos es mucho más importante la adquisición de inteligencia, el desarrollo del encéfalo. Pues los padres no sólo alimentan y protegen a sus hijos, sino también les enseñan a buscar alimentos y a salvarse de sus enemigos. Los padres transmiten a sus hijos lo que ellos mismos aprendieron de sus padres y más tarde de la propia vida. Así es como los mamíferos acumulan y transmiten de una generación a otra la experiencia adquirida. Naturalmente son los alumnos más capaces e inteligentes los que con frecuencia llegan a sobrevivir. Por lo tanto, en primer lugar se perfeccionaba el encéfalo.

En ninguno de los animales se desarrollaba el encéfalo a ritmos tan rápidos. Eso dio a los mamíferos una preferencia decisiva sobre las demás especies de animales, asegurando el desarrollo ulterior progresivo hasta la misma aparición del ser más desarrollado de nuestro planeta - el hombre. De esa manera, no será una exageración decir que la leche sirvió de premisa para el surgimiento de la humanidad.

Actualmente es difícil decir algo concreto acerca de cómo surgió la lactancia. Incluso no sabemos claramente cómo se inició este proceso: si fue el surgimiento de la viviparición lo que determinó la necesidad de asegurar con alimentos adecuados a las crías pequeñas e incapaces, o si fue, por el contrario, la aparición de la lactancia lo que dio impulso al surgimiento de la viviparición. Por lo visto, la lactancia fue lo primero que surgió. En todo caso, entre los mamíferos contemporáneos hay animales que ponen huevos. Son estos los famosos ornitorrincos y las equidnas. Sus hijos, igual que todos los mamíferos honestos, se alimentan con leche.

Hay muchos más conocimientos acerca del origen de las glándulas mamarias. Resulta que éstas no son más que glándulas sudoríparas, pero muy modificadas. En los antepasados de los mamíferos cada minúscula glándula mamaria (éstas eran muy numerosas) salía afuera directamente y no tenía pezón. Las glándulas mamarias del ornitorrinco contemporáneo tienen precisamente una construcción análoga. Este animal posee cerca de 200 glándulas, que abren sus conductos en un sector determinado de la piel del abdomen, denominado campo lechoso. El ornitorrinco dio a los científicos pruebas muy convincentes de que las glándulas mamarias proceden de las sudoríparas. Por todo el cuerpo de este animal están

dispersas las glándulas sudoríparas y sebáceas, cuyos conductos salen al exterior, muy cerca de las vaginas cabelludas, y sólo en el campo lechoso de este complejo (la vagina cabelluda, la glándula sebácea y la glándula sudorípara) esta última fue sustituida por la mamaria. La leche, que segregan las glándulas, baja por unos ásperos cabellos "mamarios", de donde la lancen las crías del ornitorrinco.

Las glándulas de los mamíferos superiores se concentran en formaciones compactas, a las que transpasan canales excretores, que se unen en uno o varios conductos generales.

La glándula mamaria puede alcanzar dimensiones enormes. Recuerden lo grande que es la ubre de la vaca de raza lechera. Pero incluso esta raza de ganado, especialmente seleccionada por el hombre en el transcurso de miles de años, no bate el record en este sentido. Las glándulas mamarias del ratón común constituyen el 7 por ciento de su peso y cuando están llenas de leche, el 20. Eso demuestra que la elección de la vaca para producir leche no fue muy acertada en todos los sentidos. Notemos de paso que ya se han creado con fines científicos y funcionan exitosamente ordeñadoras eléctricas para los ratones blancos. En espaciosos viveros, donde se crían estos animales, ya puede degustarse esta bebida.

La glándula mamaria de los animales superiores posee un aparato motriz especial, el mioepitelio. Los canguros y otros marsupiales paren crías tan débiles, que apenas les bastan fuerzas para arrastrarse hasta el pezón y aferrarse a él. En esta posición ellas pasan los primeros meses de su vida. La leche se les exprime en la boca al reducirse un músculo subcutáneo especial.

Así dan también de mamar a sus crías las ballenas y otros animales acuáticos. Las crías de estos animales nacen grandes y fuertes, pero debajo del agua no es tan fácil mamar. Por eso las madres tienen que ayudarles.

El mecanismo de funcionamiento de las glándulas mamarias es característico para todos los órganos secretorios. Tanto en los riñones, como en las glándulas salivales, en las sudoríparas y en las mamarias, es en el lumen de los canales, donde primero se infiltra un líquido muy parecido por su composición al contenido intercelular, por lo común, compuesto de agua y una pequeña cantidad de sodio. Después el sodio, o bien se recupera de nuevo, como sucede en los riñones, o bien es sustituido por

substancias osmóticamente activas, proteínas, azúcares u otros elementos: potasio, calcio, manganeso y otros, como ocurre en la glándula mamaria.

La leche de todos los animales contiene proteínas, grasas, lactosa (hidrato de carbono especial, propio solamente para la leche), calcio, sodio, manganeso, cloro, potasio y muchas otras substancias minerales, vitaminas y hormonas. Con otras palabras, la leche contiene absolutamente todo lo que puede necesitar el organismo joven. Todo esto se encuentra en cualquier leche, pero en distintas proporciones. La leche de los animales, cuyas crías crecen muy rápido, contiene muchas proteínas y grasas. La leche grasosa, con más del 53 por ciento de grasa, es la de la foca y la ballena parda. Merced a esto los ballenatos aumentan en peso 100 kilogramos al día. La leche de liebre tiene casi el

25 por ciento de grasa. Aprovechándose de ello, la liebre amamanta a sus crías dos o tres veces a la semana. En comparación con estos animales, la leche de mujer y de vaca simplemente parece desgrasada: sólo tiene 3-6 por ciento de grasa. En cambio, la leche de mujer es la más dulce. Tiene cerca del 7 por ciento de lactosa. En este sentido, solamente la leche de yegua puede rivalizar con ella.

El período de lactancia es distinto. Por lo general, cuanto más prolongada sea la preñez, tanto más durará la lactancia, pero en esta regla hay muchas divergencias. El ornitorrinco empolla los huevos sólo 13-14 días, mientras que las crías se alimentan con leche durante 3-4 meses. Lo mismo se observa en los marsupiales: la preñez de éstos animales tan sólo dura varios días y la lactancia, varios meses. Todo lo contrario ocurre con el conejillo de India. La preñez de dicho animal dura dos meses y la lactancia de sus crías, 10 ó 12 días. Más sorprendente es aún esta diferencia en la foca, que lleva a sus crías 275 días y sólo las alimenta con leche durante 14-17.

El período de lactancia de la mayoría de los animales puede-prolongarse considerablemente. Esto se utiliza mucho en la ganadería. Señalemos de paso que las vacas salvajes lactan un período mucho más corto que las domésticas.

Particularmente sorprendente es el período de lactancia de la mujer. En algunas regiones de Polinesia las mujeres amamantan a sus hijos durante los primeros 6 años de su vida. Los esquimales aún más, a veces hasta los 15 años. Esta capacidad de amamantar durante tanto tiempo no sólo es propia de ciertas

nacionalidades. En los países mahometanos a las esclavas de los harenes, las cuales podían ser representantes de las más diversas naciones, las utilizaban como nodrizas durante decenas de años para alimentar con leche de pecho a los numerosos descendientes de sus soberanos.

Cada especie de mamíferos superiores posee determinada cantidad de glándulas mamarias. La naturaleza le dio al ser humano dos, pero a veces surgen glándulas complementarias, que no llegan a desarrollarse mucho. En algunos pueblos con bastante frecuencia se encuentran glándulas complementarias. Por ejemplo, cada cuarta o quinta japonesa posee glándulas complementarias.

En la antigüedad ya sabían que era posible la aparición de glándulas mamarias complementarias. No en vano los frigios representaban a la diosa Cibele, la gran madre de los dioses y de todo ser en la Tierra y que personificaba también a la fertilidad, en forma de una mujer joven con siete glándulas mamarias. Notemos de paso, que cada mujer contemporánea se parece un poquito a Cibele. Los científicos hallaron grandes glándulas, situadas en el cuello de las mujeres, que durante el embarazo se hipertrofian y comienzan a secretar intensamente. Un carácter análogo lo tienen también las glándulas axilares. La secreción de estas glándulas durante el embarazo y después del alumbramiento, por su aspecto exterior hace recordar a la leche, que contiene formaciones microscópicas similares a los cuerpos calostrales, los cuales durante ese período son producidos también por las glándulas mamarias principales.

El principio de funcionamiento e, incluso, el desarrollo de las glándulas mamarias está relacionado con el embarazo y el alumbramiento. Sólo las glándulas mamarias de la mujer llegan a alcanzar grandes dimensiones mucho antes de comenzar el primer embarazo. Los científicos suponen que esta particularidad se ha desarrollado en la mujer mediante la selección natural. Por lo visto, nuestros antiguos antepasados, los antropoides, ya eran grandes estetas y se escogían esposas con figura bonita. Es evidente, que en aquellos tiempos las muchachas con pechos planos, igual que los de los hombres, tenían menos posibilidad de contraer matrimonio, que las mujeres bellas con senos abultados. Así, transmitiéndose de una generación a otra, ese síntoma se consolidó y llegó a ser una particularidad peculiar del ser humano.

Las glándulas mamarias de la mujer pueden comenzar a funcionar mucho antes de que comience el embarazo. Con frecuencia puede observarse la hinchazón de las glándulas mamarias en los recién nacidos y la segregación de "leche de bruja". Eso se debe a que de la sangre de la madre penetraron hormonas (antes de haber nacido), estimulantes de la lactancia.



Todos los machos, igual que las hembras, poseen glándulas mamarias, pero nadie sabe para qué las necesitan. Es difícil imaginarse un órgano más inútil que este. No en vano existe el dicho siguiente: ¡por mucho que pelees con el toro, no lograrás leche de él! Efectivamente, durante decenas de millones de años existen glándulas mamarias en los machos, pero, por lo visto, son un manifiesto inútil.

Pero, digámoslo directamente. El convencimiento de que las glándulas mamarias de los machos son incapaces no tiene ningún fundamento. Las glándulas mamarias de ciertos machos mamíferos, aunque no alcancen su pleno desarrollo, en determinados períodos de la vida pueden manifestar síntomas de crecimiento e, incluso, de actividad secretoria. Es más, las glándulas mamarias de los machos de algunos animales llegan a desarrollarse igual que las de las hembras y en el período de procreación los machos, igual que las hembras, secretan leche. Segregan leche los machos de los ornitorrincos y de otros animales cercanos a éstos. Es interesante señalar, que esta leche se pierde en vano, ya que los machos no alimentan a las crías.

Los rudimentos de las glándulas masculinas y femeninas de muchos mamíferos son idénticos. Por eso, ejerciendo determinadas influencias endocrinas, puede lograrse que las glándulas masculinas funcionen a plenitud. En la práctica médica se conocen muchos casos, cuando con motivo de la enfermedad de los órganos endocrinos, las glándulas mamarias de los hombres comenzaban a funcionar. Es más, se conocen



casos, cuando gracias a la succión surgía la lactancia masculina. Así que puede ser que el intento de ordeñar al toro dé algunos resultados positivos.

Es bien sabido que los peces, las ranas, las serpientes y sobre todo las aves, no producen leche. No en vano la leche de pájaro es el sinónimo de lo absolutamente imposible, irreal, en comparación con lo cual todo lo demás parece realizable. Por eso, al querer señalar que por un amigo se hace todo lo posible e, incluso, lo imposible, decimos así:

- Pide todo lo que desees, menos leche de pájaro. No puede decirse que la naturaleza, antes de que apareciesen los mamíferos en la Tierra, no había hecho tentativas para asegurar con leche materna a las crías de los demás animales. Se conocen bastantes tentativas. Así, por ejemplo, antes de convertirse en crisálida, la larva de algunas moscas hematófagas se desarrolla dentro del cuerpo de la madre en un útero muy original y se alimenta con la secreción de unas glándulas especiales, que contienen proteínas, grasas y otras sustancias alimenticias.

Nuestras abejas melíferas poseen "glándulas mamarias" especiales, situadas debajo de la mandíbula. Estas glándulas sólo se desarrollan en las abejas obreras. Funcionan intensamente desde el cuarto hasta el octavo día de su vida, período cuando la abeja es nodriza de su numerosa familia.

La jalea real es tan alimenticia, que permite a la abeja reina poner hasta dos mil huevos diarios. La camada de un día puede pesar más que su engendradora, pero por eso ella no adelgaza nada. La gallina, comparándose en este sentido con la abeja reina, tendría que poner 50 huevos al día. Fijense qué alimento tan magnífico es la jalea real.

Las termitas y las hormigas alimentan a sus larvas e, incluso, a sus huevos, con saliva. No se asombre: los huevos de estos insectos, igual que los huevos de todos los demás animales, no tienen, como es natural, boca ni estómago. Simplemente la nodriza está lamiéndolos sin cesar. La saliva y las sustancias alimenticias, contenidas en ésta, penetran en el interior a través de la membrana. El huevo se hincha rápidamente, sus dimensiones crecen en tres o cuatro veces.

Los peces también tienen sus fábricas-cocinas. Los discos, peces redondos, como buñuelos, que viven en el Amazonas, alimentan a sus alevinos con una mucosidad amarillenta del propio cuerpo. El primer día los recién nacidos están acostados

sobre una hoja de alguna planta; después, cuando sienten hambre, se lanzan a la madre, que los está protegiendo, y lamen toda la mucosidad de su cuerpo. Después de hartarse, los pequeñuelos no regresan más a la hoja. Aferrándose a los residuos de la mucosidad, cuelgan del dorso y de los costados de la madre, como si fueran racimos y así viajan confortablemente por el reino submarino. Cuando llega la hora del siguiente apacentamiento, la hembra llama al macho y sacude de su dorso a los hijos hambrientos. Así, turnándose y sustituyéndose uno al otro, los atentos padres van alimentando a su numerosa prole. Mucho más tarde los alevinos ya comienzan a alimentarse independientemente.

Las crías de la raya pastinaca, antes de venir al mundo, se alimentan con "leche de madre", líquido rico en sustancias orgánicas. Las paredes del oviducto, donde transcurre el desarrollo de los óvulos, forman cerdas, que producen la leche de pez, la cual ingresa directamente en la cavidad del oviducto y enriquecen con oxígeno el líquido que allí se encuentra. En la raya lisa y en la pastinaca las cerdas del oviducto van creciendo a medida que crece el embrión y cuando éstas son bastante largas, entonces al respirar se absorben en la boca y en las aberturas de las agallas (orificios especiales, a través de los cuales entra el agua en la cavidad branquial) y las rayas jóvenes, como si fuesen pequeños canguritos en la bolsa, colgados de la teta de la madre, se pasan despreocupadamente la infancia, chupando la leche que -les chorrea en la boca.

Los anfibios no llegaron a producir leche, en cambio existen algunos de ellos que alimentan a sus crías con una especie de papilla de huevo. En los ovarios del proteo europeo se desarrollan cerca de 80 óvulos, pero nacen sólo dos larvas. Los demás se disuelven en la masa alimenticia que sirve para nutrir a las larvas del proteo. Exactamente igual transcurre el desarrollo de las dos larvas que se encuentran en



las entrañas de la salamandra alpina, crías que se encuentran flotando en una papilla constituida por las yemas de los demás huevos y después de comérsela totalmente salen al exterior.

Como se sabe, la mayoría de las aves son padres muy atentos. A estos animales sí que podría servirles la leche para mucho. Y aunque parezca increíble, pero de todas maneras existe la leche de pájaro. Sólo las palomas son capaces de producirla. La leche de pájaro es un líquido blanquecino, que se forma en el buche de la paloma como resultado de la degeneración particular de sus paredes.

Por lo general, con esta leche, mezclada con granos remojados, los padres alimentan a los pichones. Esta leche la producen tanto el macho, como la hembra, y ambos pueden alimentar a sus crías. Otra particularidad de la leche de paloma consiste en que su formación se parece algo a la formación de la leche de los mamíferos: tanto en los primeros, como en los segundos, en la regulación de la producción de la leche juega un papel muy importante la hormona de la hipófisis, la prolactina

## Capítulo 3

### LA VENTILACIÓN

#### **Contenido:**

1. *El elemento de la vida*
2. *Sección de abastecimiento*
3. *Escafandras de buzo y acualonges*
4. *En busca de oxígeno*
5. *Escoria y lastre*

#### **1. El elemento de la vida**

Para la creación de nuevas moléculas y, en resumidas cuentas, la construcción de nuevas células, se necesita energía. No es menos la que hace falta para el funcionamiento de los distintos órganos y tejidos. Toda la energía que consume el organismo se cubre a cuenta de la oxidación de las proteínas, grasas e hidratos de carbono; o sea, a cuenta de la combustión de estas sustancias.

Para la combustión hace falta oxígeno. Precisamente los órganos respiratorios son los que se preocupan de conseguirlo. En el hombre esa función la desempeñan los pulmones. Sin embargo, no puede llamarse respiración al movimiento rítmico del tórax, como resultado del cual se verifica la inspiración y la espiración del aire. Esto no es aún la propia respiración, sino la transportación del oxígeno, necesario para la respiración.

La esencia de la respiración son los procesos de oxidación, que hacen recordar algo a la combustión, pero de ninguna manera pueden identificarse con ésta. Durante una combustión corriente el oxígeno se une directamente con la sustancia a oxidar. Al efectuarse la oxidación biológica de las proteínas, grasas o hidratos de carbono, estas sustancias se privan de hidrógeno, que, a su vez, reducen el oxígeno, formando agua. Recuerde este esquema de la respiración del tejido, pues aún tendremos que volver a él.

La oxidación es el método más importante de obtener energía. Por eso los astrónomos, al estudiar los planetas del sistema solar, primeramente procuran saber

si éstos contienen oxígeno y agua. Allí, donde hay estas sustancias, es posible la existencia de vida. No en vano la alegre noticia de que por primera vez en el mundo una estación interplanetaria soviética, la "Venera-4", había realizado el descenso suave en el planeta Venus, luego resultó ser lamentable por el comunicado, donde se decía que prácticamente en su atmósfera no había oxígeno libre, que había muy poca agua y que la temperatura llegaba hasta 300 grados.

Sin embargo, no merece la pena desanimarse. Incluso aunque no hubiera señales de vida en Venus, todavía hay esperanzas de que en ese planeta no todo esté perdido. En las capas superiores de la atmósfera donde no hace tanto calor, pueden instalarse plantas unicelulares primitivas, que consuman el gas carbónico y produzcan oxígeno. La altísima densidad atmosférica del planeta Venus permitirá a los minúsculos seres unicelulares flotar en ésta, sin que caigan a su superficie. Mediante la ayuda de estos organismos se lograría, a fin de cuentas, modificar radicalmente la composición gaseosa de la atmósfera de Venus.

Esa misión la podrán cumplir las plantas verdes, pues también nuestra atmósfera terrestre, en la forma que la conocemos al presente, fue creada por los organismos vivos. Hoy día las plantas de la Tierra consumen, anualmente, 650 mil millones de toneladas de gas carbónico, produciendo al mismo tiempo 350 mil millones de toneladas de oxígeno. En cierto tiempo- en nuestra atmósfera terrestre también había mucho menos oxígeno y muchísimo más gas carbónico que en la actualidad. Sólo hay que armarse de paciencia. Por lo visto, es necesario que transcurran varios cientos de millones de años para que se transforme radicalmente la atmósfera de Venus. Existen razones para suponer que para ese tiempo la temperatura en dicho planeta también bajará considerablemente (en cierto período la Tierra también estaba muy caliente). ¡Así los habitantes de la Tierra podrían sentirse allí igual que en su casa!

## **2. Sección de abastecimiento**

Para poder vivir es necesario conseguir oxígeno en algún lugar y después abastecer a cada célula del organismo. La mayoría de los animales de nuestro planeta reciben oxígeno de la atmósfera o extraen el que está disuelto en el agua. Esta función lo

realizan los pulmones o las branquias, llevándolo después la sangre a todos los rincones del organismo.

A primera vista podría parecer que la extracción de oxígeno del agua o del aire es la parte más compleja de la tarea. Pero resulta que esto no es así. Los animales no tuvieron que inventar ninguna adaptación especial. El oxígeno penetra en la sangre que pasa por los pulmones o las branquias, merced a la difusión, o sea, gracias a que en la sangre hay menos oxígeno que en el medio ambiente; por eso las sustancias gasiformes, igual que las líquidas, tienden a difundirse de tal manera que su contenido sea uniforme en todas partes.

La naturaleza no inventó de repente los pulmones ni las branquias. Los primeros seres multicelulares no poseían estos, órganos, respiraban con toda la superficie de su cuerpo. Todos los animales ulteriores más desarrollados, incluyendo al hombre, aunque hayan adquirido órganos especiales de respiración, no perdieron la propiedad de respirar por la piel. Sólo los animales vestidos con coraza - las tortugas, los armadillos, las centollas y los animales análogos a éstos - no gozan de este privilegio.

En la respiración del hombre participa toda la superficie del cuerpo, desde la epidermis más gruesa de los talones hasta el cuero cabelludo de la cabeza.

Sobre todo respira intensamente la piel del pecho, de la espalda y, del vientre. Es interesante señalar, que por la intensidad de respiración estas áreas de la piel superan considerablemente a los pulmones. Por ejemplo, una superficie respiratoria, igual por su dimensión puede absorber el 28 por ciento de oxígeno y eliminar el 54 por ciento de gas carbónico más que en los pulmones.

¿Con qué está condicionada semejante supremacía de la piel sobre los pulmones? Todavía esto se desconoce. Es posible que se deba a que la piel respira aire libre, mientras que los pulmones los ventilamos insuficientemente. Incluso durante la espiración más profunda sigue quedando en los pulmones determinada reserva de aire, la cual no es de la mejor composición y contiene menos oxígeno y más gas carbónico que en el medio ambiente. Al producirse la siguiente inspiración de aire, éste se mezcla nuevamente con el que se encontraba en los pulmones, reduciéndose mucho su calidad. No es nada extraño si en eso se oculta la ventaja de la respiración cutánea.

Sin embargo, en comparación con los pulmones es insignificante la parte de la participación de la piel en el balance respiratorio general del hombre. Pues la superficie de la piel del hombre apenas alcanza dos metros cuadrados, mientras que la de los pulmones, si desplegáramos los 700 millones de alvéolos, ampollitas microscópicas, a través de cuyas paredes transcurre el intercambio de gases entre el aire y la sangre, tendría 90-100 metros cuadrados, o sea, es 45-50 veces más grande.

La respiración cutánea sólo puede asegurar oxígeno a los animales más pequeños. Por lo tanto, ya en la aurora del surgimiento del reino animal, la naturaleza pensaba en lo que podría utilizar para eso. Ante todo, eligió los órganos de la digestión.

Los animales celentéreos están compuestos de dos capas de células. La exterior, que extrae el oxígeno del medio ambiente, y la interior, que lo extrae del agua, la cual penetra libremente en la cavidad intestinal. Ya los vermes platelmintos, que poseían órganos digestivos más complicados, no pudieron emplearlos para respirar. Tuvieron que quedarse planos, puesto que en los grandes volúmenes la difusión no puede abastecer con oxígeno a los tejidos situados profundamente.

Muchos de los vermes anélidos, que aparecieron en la Tierra después de los platelmintos, también se limitan a la respiración cutánea, pero esto resultó posible gracias a que en dichos animales ya habían aparecido órganos de la circulación sanguínea, órganos que difunden el oxígeno por todo el cuerpo. Por lo demás, algunos anélidos estaban provistos del primer órgano especial para extraer oxígeno del agua - las branquias.

En todos los demás animales posteriores la construcción de los órganos análogos se efectuaba, en lo fundamental, por dos esquemas. Cuando hacía falta obtener oxígeno del agua, entonces estos órganos tenían, la forma de excrecencias o abombamientos especiales, bañados por el agua. Cuando el oxígeno se extraía del aire, entonces eran una especie de abollamientos, que suponían desde una simple bolsa, como era el órgano respiratorio del caracol de la vida, o los pulmones de los tritones y las salamandras, hasta los bloques complejos de ampollitas microscópicas, parecidas a racimos de uvas, como son los pulmones de los mamíferos.

Las condiciones de la respiración son muy distintas en el agua y en la tierra. Teniendo las condiciones más favorables, en un litro de agua hay solamente 10 centímetros cúbicos de oxígeno, mientras que en un litro de aire hay 210, o sea, 20 veces más. Por eso, es posible que cause asombro el hecho de que los órganos de respiración de los animales acuáticos no pueden extraer de un ambiente tan rico, como es el aire, la cantidad suficiente de oxígeno. La estructura de las branquias es tal, que éstos podrían también, con todo éxito, realizar su misión en el aire, si no fuese porque sus finas placas, despojadas de la protección que ofrece el agua, estuvieran adheridas entre sí y se secaran por estar desprovistas de dicha protección. Esto conlleva el cese de la circulación de la sangre y la interrupción de la función respiratoria.

Es interesante la procedencia de los órganos respiratorios. La naturaleza empleó en la creación de estos órganos lo que ya se había probado en los seres de una organización muy inferior: los tegumentos cutáneos y el aparato digestivo. Las branquias de los gusanos marinos son simplemente unas excrecencias muy complicadas de los tegumentos exteriores. Por su origen, las branquias y los pulmones de todos los animales vertebrados son derivados del intestino anterior.

Es muy original el sistema respiratorio de los insectos. Estos decidieron que no merecía la pena complicar demasiado este problema. Es más fácil dejar pasar el aire directamente hasta cada uno de los órganos, dondequiera que se encuentren, lo cual se realiza con gran facilidad. Todo el cuerpo del insecto está atravesado por un sistema de tubitos, que se ramifican en forma muy compleja. Incluso el encéfalo está acribillado de tráqueas aeríferas, así que el aire puede estar pasando constantemente por la cabeza del insecto.

Las tráqueas, ramificándose, van disminuyendo su diámetro hasta convertirse en tubos muy finos, merced a lo cual pueden aproximarse a cada una de las células del cuerpo y dividiéndose aquí en un hacecillo de diminutas traqueolas con un diámetro de menos de un micrón, que entran directamente en el protoplasma de la célula. De esta manera, en los insectos el oxígeno llega hasta su lugar de destino. Sobre todo hay muchas traqueolas en las células, que requieren gran cantidad de oxígeno: en las células grandes de los músculos del ala se forman verdaderos plexos.



Las propias vías aeríferas de los insectos son las que hallan los lugares donde empieza a faltar oxígeno. Así se comportan las pequeñísimas traqueolas de la epidermis, cuyo diámetro es menor de un micrón y su longitud, más pequeña que la tercera parte de un milímetro, terminando en forma de tubitos ciegos. Cuando cerca de éstas aparecen sectores de tejidos, los cuales requieren gran cantidad de oxígeno, las traqueolas circundantes comienzan a estirarse, aumentando a veces su longitud hasta un milímetro.

Podría parecer que los insectos solucionaron felizmente el problema del abastecimiento con oxígeno, pero la práctica no confirma esto. La fuerte corriente



de aire, que se forma en su cuerpo, puede desecar rápidamente al insecto. Para que esto no ocurra, los orificios de la tráquea sólo se abren durante un plazo muy breve y en muchos insectos acuáticos están completamente sellados. En este caso el oxígeno, mediante la difusión a través del tegumento del cuerpo o de las branquias, penetra en las vías aeríferas y sigue luego distribuyéndose por éstas también mediante la difusión.

Los grandes insectos terrestres respiran activamente. Los músculos del abdomen se contraen unas 70-80 veces por minuto; el abdomen se comprime y el aire se expulsa. Luego los músculos se relajan, el abdomen adquiere su forma anterior y el aire se inspira. Es curioso saber que para verificar la inspiración y la espiración a menudo se utilizan distintos orificios respiratorios; la inspiración se efectúa a través de los orificios pectorales; la espiración, por los abdominales.

Con frecuencia, los órganos principales de la respiración no están en condiciones de cumplir su misión. Esto se observa en los animales que viven en un ambiente muy pobre en oxígeno, o que no es apropiado para ellos. Entonces sí que la naturaleza recurre a cuanto pueda hacer para ayudar a los órganos principales de la respiración. En primer término se utilizan ampliamente y se modernizan los medios

ya probados. En el sur de la Unión Soviética es muy conocido un pequeño pez, la locha. Este se encuentra, por lo general en los arroyos y en los viejos lechos que en verano se desecan y quedan incomunicados con el río. El fondo de estos charcos es por lo común limoso, tiene muchísimas plantas putrefactas y a esto se debe que en verano el agua tiene muy poco oxígeno. Para no asfixiarse, la locha tiene que "alimentarse" con aire. Hablando sencillamente, este pez come aire, lo traga y lo pasa a través del intestino como si fuera un alimento. La digestión transcurre en la parte anterior del intestino: la respiración, en la posterior.



Para que la digestión no moleste tanto a la respiración, en la parte media del intestino se encuentran unas células secretorias especiales, que cubren con mucosidad los residuos alimenticios que llegan aquí, y gracias a esto pasan rápidamente a través de la parte respiratoria del intestino. De la misma manera respiran también otros dos peces que habitan en nuestras aguas dulces: el barbo y el gobio. Es poco probable que sea cómodo para un órgano realizar una función doble (respiración y digestión). Por lo visto, por eso en uno de los grandes órdenes de peces de río del Asia Tropical apareció un aparato respiratorio complementario - el laberinto, que representa un sistema muy complicado de canales y cavidades, situados en la parte ancha del arco branquial primario.

Los científicos no comprendieron de momento el significado del laberinto. El famoso Cuvier por primera vez lo descubrió cuando estaba preparando anabases y bautizó así a este órgano enigmático. El científico supuso que estos peces en el laberinto mantenían agua cuando salían del estanque. Al anabás le gusta viajar, pasando con facilidad de un estanque a otro.

Las observaciones realizadas tampoco pudieron explicar su función. Commerson, zoólogo inglés, fue el primero de los europeos que vio un pez bastante grande, el

*Osphromenus gorami*, que la población local criaba desde hacía mucho tiempo en los estanques. Lo denominó *Osphromenus olfacs*, que en latín significa oledor, olfateador. Observando a este pez, el inglés vio como subía constantemente a flor de agua y, sacando el morro, aspiraba aire.

En aquellos tiempos a nadie le venía a la cabeza que los peces pudiesen respirar aire. Por eso Commerson pensó que estos peces salían a flor de agua para saber a qué olía el mundo.

Mucho más tarde, cuando cayeron en los acuarios de los europeos, se supo que los peces laberínticos respiran con aire. Sus branquias están poco desarrolladas y el laberinto juega un papel primordial en cuanto al abastecimiento de oxígeno. Estos peces no pueden vivir sin aire. Si los metemos en un acuario con agua muy limpia, rica en oxígeno, pero les privamos de la posibilidad de subir a la superficie y tomar aire, los peces laberínticos se "ahogarán".

Las ranas también respiran con dificultad. Sus pulmones no son muy perfectos y por eso a veces tienen que arreglárselas como pueden. En el año 1900, en Gabón (África) cazaron una rana velluda. Esta noticia conmovió a todo el mundo científico. En los círculos científicos se opinaba que el cuero cabelludo era la prerrogativa de los mamíferos. Pero las ranas, como se sabe, "andan" desnudas. No se podía comprender por qué los costados y las ancas de la rana del Gabón estaban cubiertas de pelo. Era difícil suponer que la rana pasase frío, pues si las nuestras, que viven cerca del Círculo Polar, no pasan frío, ¿por qué habría de tenerlo su hermana africana? El secreto del abrigo de la rana no duró mucho tiempo. Fue suficiente examinar el extraño pelo bajo el microscopio para que quedase claro que eran simples excrecencias de la piel. Semejante "pelo", naturalmente, no puede calentar y, además, en Gabón no hace frío. Las investigaciones ulteriores demostraron que el pelo de este animal desempeña la función de branquias originales, con cuya ayuda la rana respira en el agua y en la tierra. El pelo sólo crece en los machos. En el período de procreación éstos desempeñan una gran función y si no fuera por los "pelos", el ahogúo y la insuficiencia de oxígeno les impedirían cumplirla.

Más interesante aún es la respiración del *Periophthalmus*. Este pez vive en la India Tropical y no tanto en el agua, como en el lodo. Más bien es un ser terrestre. Puede

realizar grandes viajes por tierra e, incluso, trepa muy bien los árboles. En la orilla respira con cola, cuya piel posee una red sanguínea muy ramificada.

Cuando se estaba estudiando la respiración del *Periophthalmus*, sucedió un caso muy curioso. Hablando sencillamente, este pez resultó ser un engañador premeditado. Los científicos notaron que aunque el pez pasa la mayor parte del día en la tierra y aquí es donde procura sus alimentos agarrando a los insectos que vuelan junto a él, en cambio no abandona totalmente el agua. Casi siempre está en las orillas de los charcos, con la cola metida en el agua. Después de saltar para atrapar una mariposa, el pez va reculando hasta meter de nuevo la cola en el agua. Observando semejantes escenas, los científicos decidieron que el pez extraía oxígeno del agua con la ayuda de su cola. Sin embargo, después de medir el oxígeno que contenía el agua, se dieron cuenta que allí había tan poca cantidad, que ni siquiera merecía la pena mojarse la cola. Como se ha aclarado ya, con la ayuda de la cola el pez chupa agua, que le es muy necesaria para humectar las demás partes del cuerpo y segregarse la cantidad suficiente de mucosidad. Durante este tiempo apenas recibe oxígeno por la cola. En cambio, después de acumular la cantidad de agua suficiente y abandonar el estanque, la cola resulta ser su aparato respiratorio.

La umbra respira con la vejiga natatoria. Vive en Moldavia, en las cuencas bajas del Dniéster y el Danubio. Su vejiga natatoria está unida con la faringe mediante un ancho conducto. Sacando la cabeza del agua, este pez llena con aire la vejiga, la cual está densamente cubierta de vasos sanguíneos y aquí el oxígeno penetra con facilidad en la sangre. El aire usado, saturado de gas carbónico, lo escupe de vez en cuando. Para el pez no es una distracción respirar por la vejiga natatoria: Si le privasen de la posibilidad de tragar aire, no podría vivir más de un día.

El aire no sólo es imprescindible para la umbra, también lo necesitan muchos peces más, aunque esto se debe a otras causas. Los alevinos de la mayoría de los peces, después de salir de los huevecillos, tienen que hacer, obligatoriamente, por lo menos una aspiración. Por eso los peces con frecuencia desovan en lugares poco profundos. De lo contrario a los alevinos débiles no les bastarían fuerzas para salir a flor de agua. Ellos necesitan el aire para llenar su vejiga natatoria. Al cabo de varios

días el conducto que une la vejiga con el esófago se cicatriza y los pecillos, no pudiendo disminuir arbitrariamente su peso específico, morirían por agotamiento.

A los peces, pertenecientes a los de vejiga abierta, no se les cicatriza el conducto de la vejiga natatoria. Estos conservan, hasta una edad muy avanzada, la facultad de tragar nuevas porciones de aire al proponerse nadar a flor de agua y exprimir el exceso cuando desean bajar a la profundidad. Pero, al parecer, no siempre se puede subir a flor de agua sin correr peligro. Es por eso que los peces con frecuencia usan otro método para mantener en la vejiga la cantidad de gases al nivel necesario. Este método consiste en la secreción activa mediante la glándula gaseosa.

Ya en la aurora del estudio de la respiración surgió la hipótesis siguiente: el oxígeno, al ingresar en los pulmones, es absorbido por la pared de los alvéolos, para después secretarlo en la sangre. Más tarde esta teoría no se justificó. La cuestión no consistía en que no pudiera haber semejantes fenómenos, la cosa es que simplemente resultaron ser innecesarios en los pulmones. Para la vejiga natatoria de los peces con vejiga cerrada ese método fue el único posible. El principal órgano de trabajo de la glándula es una red, maravillosa, compuesta de tres plexos capilares, unidos de una manera consecutiva. Se calculó que el volumen de sangre, que puede situarse en la red maravillosa, no es tan grande - aproximadamente una gota, pero la superficie de la red es enorme, pues la componen 88 mil hemocapilares venosos y 116 mil arteriales, con una longitud total de cerca de un kilómetro. Además, la glándula posee muchísimos canalitos. Se piensa que la secreción que ésta segrega en el lumen de la vejiga se desintegra allí, desprendiendo oxígeno y nitrógeno.

Gracias a que el gas en la vejiga natatoria lo produce la glándula y no se coge de la atmósfera, su composición es muy distinta a la del aire exterior. Allí casi siempre predomina el oxígeno, que a veces llega a ser hasta el 90 por ciento.

### **3. Escafandras de buzo y acualonges**

Más de dos terceras partes de nuestro planeta está cubierto de mares y océanos y sólo una tercera parte lo compone la tierra firme. Los vastos espacios acuáticos hacía mucho tiempo que atraían la atención de la gente y no es de sorprender que en la antigüedad ya se hiciesen tentativas de penetrar en sus espesuras. Pero sólo a

principios del siglo XIX se logró confeccionar el traje de buzo, mediante el cual se pudo permanecer durante mucho tiempo debajo del agua y respirar el aire que se bombeaba desde la superficie a través de una manguera especial. Más tarde se inventó la campana de buzo. Esta se baja al fondo, se llena de aire y la gente que se encuentra en la campana puede realizar los trabajos submarinos necesarios.

Pero resulta que incluso los buzos, sin hablar .y de la gente que trabaja en la campana, debajo del agua tienen un radio de acción muy pequeño, limitado por la longitud de la manguera, por la que ingresa el aire. Es natural que los científicos continúen sus búsquedas. Hace poco, en nuestro siglo, se logró construir el acualong - aparato autónomo de buzo con balones de aire comprimido u oxígeno, que permite moverse libremente debajo del agua a grandes distancias.

Con este mismo problema, más o menos, tropezaron también los animales cuando tuvieron que mudarse al ambiente líquido. Algunos de ellos fueron por el mismo camino que el hombre y en decenas de millones de años anticiparon la construcción de los aparatos de buzo.

A diferencia del hombre, los animales no sólo tuvieron que sumergirse en el agua, sino también en otros medios líquidos, donde el oxígeno podía faltar por completo. Por eso, con frecuencia la única salida era coger aire del exterior. En semejante situación, aproximadamente, se encontraron los parásitos que vivían en el cuerpo de los animales y de las plantas. La diminuta larva de uno de los insectos parasitarios vive en el cuerpo de la gran langosta africana. Este pequeño voraz penetra en el interior de su víctima a través de uno de los conductillos traqueales del aparato respiratorio del insecto. Algún tiempo la larva se alimenta de las paredes de su local y crece rápidamente. Después se siente apretada, hace un orificio en la pared de la tráquea y penetra en los tejidos de la langosta. La larva, tiene que respirar, pero resulta que allí no hay aire. Entonces hace igual que los buceadores en todos los mares del globo terráqueo: fabrica un tubo respiratorio. Haciendo un orificio en la sólida membrana quitinosa de la víctima, va acercando a él la parte posterior del abdomen, de donde pronto crece un tubo respiratorio. Así, recibiendo aire a través del tubo, igual que el buzo a través de la manguera de la escafandra, la larva vive en el cuerpo de la langosta. El tubo respiratorio va

desarrollándose poco a poco, lo que le permite al voraz profundizarse cada vez más. Este tubo puede llegar a ser dos veces más largo que la propia larva.

La larva de los erístalos posee un sifón elástico muy largo, que se parece a una verdadera manguera de buzo. Vive en el fondo de los estanques, ocultándose entre el limo. Cuando el estanque es poco profundo, la larva, sin salir del limo, puede sacar fuera del agua su tubo y respirar tranquilamente.

Los antepasados de los insectos acuáticos eran animales terrestres. A veces su mudanza al medio acuático no causaba cambios esenciales en su sistema respiratorio. Sólo respiran con aire. La única adaptación para el medio acuático se expresaba en la propiedad de hacer reservas de aire, igual que hacen los submarinistas al emprender un viaje por debajo del agua.

Las reservas de aire en el escarabajo dítico se encuentran debajo de los élitros; la de la pulga acuática, en el abdomen. Las burbujas de aire se mantienen mediante la ayuda de unos pelitos especiales, que no se mojan en el agua. Los orificios del sistema respiratorio se encuentran en los lugares donde están sujetas las burbujas. Precisamente, de estos depósitos el insecto coge la cantidad necesaria de oxígeno para vivir.

Lo mismo ocurre con las arañas. Estas, en su mayoría aplastante, son animales terrestres característicos, que respiran por medio de unas bolsas pulmonares especiales. En este orden de animales el más original en nuestro planeta es el único tráfuga al medio acuático - la araña plateada acuática, que tiene su cuerpo cubierto de un vello fino e impermeable. Cuando la araña se sumerge en el agua, se adhieren en el vello diminutas burbujas de aire, cubriendo el cuerpo con una membrana aérea compacta. En el agua esta membrana brilla y la araña se parece a una bolita viva de mercurio. Además, sacando del agua el extremo del abdomen, la araña lleva consigo una burbuja más grande de aire y, sujetándola con las patas traseras, emprende el viaje al reino de Neptuno.

Entre las plantas acuáticas, igual que lo hacen sus parientes terrestres, la araña tiende los hilos de su telaraña. Primeramente, la telaraña tiene un aspecto plano. Pero a medida que la araña va colocando burbujas de aire debajo, la telaraña comienza a hincharse, adquiriendo la forma de un dedal. Se forma una pequeña

campana de buzo, en la cual la araña pasa la mayor parte de su vida. Aquí mismo la hembra, pone los huevos, de los cuales salen pequeñas arañitas.

La semejanza que hay entre el acualong y la campana de buzo es sólo en su aspecto exterior. Los procesos que transcurren aquí son mucho más complicados: las burbujas de airé, que llevan consigo los insectos, por una parte son depósitos de reserva; por otra, ayuda a extraer oxígeno del agua circundante. Esa adaptación ha recibido incluso una denominación especial: pulmones físicos.

Como se sabe, en el agua están disueltos todos los gases que forman parte del aire y en una cantidad que es proporcional a su concentración en la atmósfera. A medida que el insecto va respirando, la concentración de oxígeno en la burbuja va disminuyendo y cuando llegue haber menos de 16 por ciento, en la burbuja de aire comenzará la difusión del oxígeno disuelto en el agua. De esta manera, la reserva de oxígeno en la burbuja va reponiéndose constantemente.

Si el consumo de oxígeno es pequeño, como, por ejemplo, cuando el insecto se encuentra en estado de reposo, entonces el pulmón físico puede asegurar la necesidad de oxígeno durante un tiempo ilimitado. Pero si el consumo de oxígeno es grande, su difusión del agua no podrá completar a su tiempo la pérdida, el porcentaje de oxígeno en la burbuja de aire disminuirá bruscamente, mientras que el porcentaje de los demás gases (principalmente el nitrógeno) aumentará, resultando bastante mayor que el que hay en el aire. Por eso el nitrógeno comienza a disolverse en el agua. El volumen de la burbuja disminuye a cuenta del consumo de la parte del oxígeno para la respiración y disolución del nitrógeno en el agua; así, el insecto tiene que salir a flor de agua para reponer sus reservas.

La cantidad de aire que el animal puede llevar consigo no es muy grande y si no fuera porque las reservas se completan con oxígeno del agua, no bastarían para mucho tiempo. Eso se manifiesta claramente en los casos cuando se hace imposible la difusión de los gases. Por ejemplo, si situamos insectos en agua hervida, éstos morirán al poco rato, ya que este medio no contiene gases disueltos. Por consiguiente, no hay de dónde reponer las reservas de oxígeno.

Lo mismo ocurriría si los situásemos en agua, donde solamente hay disuelto oxígeno, dándoles en calidad de reserva oxígeno puro. En estas condiciones la reserva les bastaría para menos de media hora, ya que en estas condiciones la difusión



tampoco tendrá lugar. Por lo general, las pulgas acuáticas pueden estar en el agua 6 horas sin reponer las reservas de aire. Así, gracias a la difusión del oxígeno del agua en la burbuja aérea, la estancia de los insectos en el agua puede aumentar en varias veces sin reponer la reserva de aire.

Los insectos pequeños, que consumen poco oxígeno, pueden vivir mucho tiempo en el agua sin renovar su reserva de aire. Además, resulta que éstos no sufren tanto a causa de la disminución de la reserva de oxígeno, como la del nitrógeno en la burbuja de aire. Si a la chinche acuática la situamos en agua saturada de oxígeno, pero de donde previamente hayamos recogido de debajo del agua con un pincelito todas las burbujas de aire, sustituyéndolas por burbujas de nitrógeno puro, veremos que el insecto sentirá normalmente durante mucho tiempo, ya que en la burbuja de nitrógeno en seguida comenzará a desprenderse del agua la suficiente cantidad de oxígeno, necesario para la respiración.

Algunos insectos no pueden de por sí solos salir a flor de agua, para renovar sus reservas de aire. En las focas parasitan varias especies análogas de piojo: los cuales jamás abandonan a su dueño. Por lo tanto ellos únicamente renuevan sus reservas de aire cuando la foca sale del agua. Gracias a esto, los insectos se ha adaptado de distintas maneras a permanecer duran mucho tiempo en el, agua. Aquellas especies que viven en el cuerpo de la foca, tienen el tórax y el abdomen cubierto de anchas escamas, con las que pueden retener mucho aire. En cambio, las especies que sólo viven en la cabeza de la foca no poseen tales escamas. Pero ellas tampoco necesitan grandes reservas, ya que la propia foca respira con aire y a menudo tiene que sacar la cabeza fuera del agua.

También utilizan pulmones físicos las huevas de los peces laberínticos, para quienes los padres tienen que construir un edificio especial, llamado nido, que se construye con burbujas de aire, incluidas en un líquido salivoso. Rodeadas solamente por una fina membrana de líquido, las huevas están flotando entre las burbujas de aire y así reciben la cantidad suficiente de oxígeno. La merma de oxígeno se renueva del aire.

El poliacanto, pez que vive en un medio más rico en oxígeno, no construye su nido en la superficie, sino debajo de alguna hoja ancha de cualquier planta submarina, de alguna piedra o raíz. Puesto que en el agua hay oxígeno, los pulmones físicos funcionan también en la profundidad. Es interesante señalar que dicho pez no sólo

construye su nido en el período de reproducción, sino en cualquier tiempo del año y el mismo lo utiliza, respirando el aire que hay en el nido. Esto supone una ventaja para él, pues no tiene necesidad de subir a la superficie, donde puede acecharle algún peligro y se queda en el fondo, entre la espesura de las plantas o debajo de un cúmulo de raíces. El poliacanto coge de sus despensas el aire rico en oxígeno, y a cambio, para enriquecerlo con oxígeno y purificarlo del ácido carbónico, devuelve la burbuja de nitrógeno con mezcla de gas carbónico. Sólo cuando en el nido queda poco nitrógeno, el pez sube a flor de agua para recobrar sus reservas.

#### **4. En busca de oxígeno**

Nuestro planeta es muy rico en oxígeno. Por lo visto, esa accesibilidad explica el porqué los animales no aprendieron a provisionarse con oxígeno en abundancia. Solamente unos pocos habitantes de la Tierra son capaces de hacer grandes reservas de este gas. Pero, con frecuencia, lo reservan en pequeñas cantidades.

La sangre permanece en los hemocapilares de los alvéolos durante dos segundos; no obstante, este tiempo es suficiente para que se establezca el equilibrio del oxígeno entre el aire de los alvéolos y la sangre. Sin embargo, ¡qué cantidad tan insignificante de oxígeno puede disolverse en este caso en la sangre! En total, 0.003 centímetros cúbico por cada centímetro cúbico de plasma sanguíneo. Para poder asegurar al animal la cantidad necesaria de oxígeno, mediante este método de abastecimiento habría que aumentar casi en 100 veces el volumen de los pulmones y la cantidad de sangre que pasa por éstos. Está demostrado que sería muy difícil llevar a la práctica semejante proyecto.

La naturaleza fue por otro camino, abasteciendo a la sangre con una substancia que entra fácilmente en reacción con el oxígeno y de esta manera lo retiene en cantidades mucho mayores que la que podría obtenerse a través de una simple solución. Para que los tejidos del cuerpo puedan utilizar el oxígeno acumulado, la mencionada substancia deberá, en caso de necesidad, deshacerse de él con facilidad. Esa substancia es la hemoglobina, la cual posee ambas cualidades, totalmente imprescindibles para la respiración. Cuando la sangre llega a los pulmones, donde hay mucho oxígeno, la hemoglobina inmediatamente entra en contacto con el oxígeno. Gracias a esto, resulta que un centímetro cúbico de sangre

lleva consigo 0.2 centímetros cúbicos de oxígeno, es decir, el 20 por ciento del volumen de la sangre, entregándolo después a los tejidos del cuerpo.

Algunos órganos, principalmente los músculos, necesitaban mayores reservas de oxígeno. Muchos músculos realizan un trabajo rítmico durante varias horas seguidas. Estos son los músculos de las piernas, los de las alas y los masticadores, mientras que el miocardio y los músculos respiratorios nunca interrumpen su función. Resultaba que estando en marcha, prácticamente era imposible abastecerles con oxígeno. Al contraerse los músculos, los vasos se comprimen y la sangre no puede pasar por éstos.

Durante este tiempo los músculos respiran a cuenta de la reserva de oxígeno acumulado por medio de la hemoglobina muscular especial. Esta es muy parecida a la hemoglobina de la sangre. La única diferencia esencial consiste en que la hemoglobina muscular coge con mayor facilidad el oxígeno y lo mantiene con mayor solidez, entregándolo solamente cuando en el medio ambiente queda muy poco de este gas. El miocardio de los homotermos contiene 0.5 por ciento de hemoglobina muscular, mediante lo cual es posible reservar para cada gramo de músculos dos centímetros cúbicos de oxígeno. Esta cantidad es suficiente para asegurar el funcionamiento normal de los músculos en el momento del cese de la circulación de la sangre.

Aquellos mamíferos y aves acuáticos que por su modo de vida permanecen durante mucho tiempo debajo del agua, transformaron los músculos, en primer término los más importantes, en verdaderos almacenes de oxígeno, saciándolos con grandes porciones de hemoglobina muscular. Lo dicho permite a los cachalotes hallarse sumergidos en el agua durante 30-50 minutos y recorrer en este lapso de tiempo grandes distancias. Los aligátors pueden permanecer debajo del agua más tiempo aún, 1.5 ó 2 horas.

En la atmósfera de nuestro planeta hay mucho oxígeno y su merma es renovada constantemente por las plantas verdes. Podría parecer que el hombre jamás tendría que enfrentarse con la insuficiencia de este gas. Pero lamentablemente hay que reconocer que esas esperanzas se han frustrado.

Hace algunos años en Japón tropezaron con la necesidad de mantener reservas de oxígeno incluso en condiciones normales. Por las calles de Tokio y de otras grandes

ciudades del país constantemente está circulando un interminable torrente de automóviles, que intoxica el aire con gas carbónico y monóxido carbónico. Esta atmósfera, aunque contenga bastante oxígeno, es inservible para la respiración humana.

Los policías, quienes por sus condiciones de servicio tienen que trabajar en la calle, no pueden resistir toda una jornada. Para evitar graves intoxicaciones, ha surgido la necesidad de asegurarles oxígeno. En las comisarías de policía y en los puntos más importantes ya hace tiempo que se han instalado balones con gas comprimido para que los guardias puedan cobrar aliento de vez en cuando. Actualmente en las calles de Tokio se ha comenzado también a instalar aparatos de oxígeno para los transeúntes, aparatos muy parecidos a nuestros automáticos para la venta de agua gaseosa. Echando una moneda en el traganiqueles, ahora cada persona puede recibir una porción de oxígeno y ventilar un poco los pulmones.

En la Tierra existen bastantes lugares donde no hay o apenas hay oxígeno. En su mayoría, los culpables de esto son los propios seres vivos. Sobre todo, consumen mucho oxígeno las bacterias. Un miligramo de bacterias puede "masticar" 200 milímetros cúbicos de oxígeno en una hora. Es menester decir que un músculo en estado de funcionamiento, con igual peso y en el mismo tiempo, consume solamente 20 milímetros cúbicos de oxígeno, y encontrándose en estado de reposo, menos aún, sólo 2.5. Gracias a la gran actividad de las bacterias y de otros microorganismos más grandes, muchos rincones de nuestro planeta se convierten en lugares poco útiles para la vida, teniendo los animales que arreglárselas para poder colonizar también estos nichos ecológicos.

Uno de esos nichos lo adaptaron para la vivienda las anguilas eléctricas. Estos grandes peces habitan en los pantanos y pequeños ríos de América del Sur. En la temporada de las lluvias los ríos aquí son muy rápidos y torrentes de aguas turbias atraviesan los pantanos. Las corrientes son muy ricas en oxígeno y todos los habitantes del reino submarino respiran con facilidad. Pero después de las lluvias, cuando comienza la temporada de sequía, el caudal de los ríos baja rápidamente, convirtiéndose en una cadena de lagos poco comunicables entre sí, y los pantanos empiezan a secarse. En los charcos, recalentados por los rayos del sol tropical, las plantas se descomponen y los microorganismos se reproducen intensamente,

consumiendo el oxígeno con mayor rapidez, que la que se difunde del aire. A todos los habitantes acuáticos les es difícil respirar, les afecta el ahogúo.

Sólo la anguila eléctrica se siente magníficamente, parece que no sufre la insuficiencia de oxígeno. Además, tiene comida en abundancia. Todos los



extenuados habitantes del charco tienden a ir al lugar donde se encuentra instalada la anguila. Respecto a las centrales eléctricas vivas, más adelante tendremos una, conversación especial. Ahora lo único que señalaré es que la anguila eléctrica no, persigue a su presa. En el agua achocolatada no ve, incluso, la punta de su propia nariz. Cazar algo, en estas condiciones, sería una casualidad. La anguila, mediante potentes sacudidas eléctricas, mata a la presa sin verla y sin saber lo que tiene

delante.

¿En qué consiste la fuerza de atracción de la anguila? ¿Quizás ocupe los mejores lugares del estanque? Nada de eso. Simplemente los horribles peces enriquecen el agua circundante con oxígeno. Una descarga eléctrica hasta de 600 voltios puede descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno. Es precisamente hacia esa corriente vivificante a donde acuden de todas partes los peces extenuados por la escasez de oxígeno.

Durante la descarga eléctrica la descomposición del agua transcurre también en el propio cuerpo de la anguila. El oxígeno que se ha formado la sangre lo distribuye por todo el cuerpo, pero en cambio, tiene que liberarse del hidrógeno. Este elemento se expulsa al exterior a través de las branquias y sube a la superficie del agua formando chorros de burbujas pequeñísimas. Así descubren los cazadores indios el lugar donde se encuentra el peligroso voraz y se apresuran a exterminarlo para no privarse ellos mismos del pescado.

Junto con las anguilas, en los estanques de América del Sur vive otro pez muy interesante. Se trata de la lepidosirena. Vive incluso en los pantanos que se secan totalmente. Inclusive en la temporada de las lluvias aquí hay escasez de oxígeno, sin embargo, a este pez no le afecta la insuficiencia de dicho gas. Su vejiga natatoria se ha transformado en un órgano par de respiración. Respira con aire. Pero, ¿cómo preservar los huevos en esta agua? La lepidosirena se vale de una forma, verdaderamente única, para proteger a sus descendientes: suministrar oxígeno a los huevos. Esta función la desempeña el macho. Tan pronto llega la temporada de las lluvias, lo primero que hace es buscar un hoyo pequeño en el fondo del pantano, que sea lo más profundo posible, o alguna otra guarida, y luego lleva allí a su compañera. Después de poner los huevos y fecundarlos, la hembra los abandona, dejando a sus descendientes a cargo del padre.

Con la llegada de la época de reproducción, el macho de la lepidosirena se viste en atavío de celo. En las aletas abdominales le crecen unas apófisis filiformes extraordinariamente largas. El macho emperifollado representa en sí un espectáculo muy interesante cuando está galanteando a la hembra, o cuando deja caer sus aletas hasta llegar a los huevos para proteger el nido. La ceremonia nupcial del macho no sólo sirve para atraer a la hembra; las aletas cumplen también el papel de mangueras, por las que ingresa el oxígeno a los huevos. Las apófisis provisionales de las aletas son ricas en vasos, mediante los cuales sale el oxígeno de la sangre del pez al agua circundante.

Si el macho logra encontrar un lugar bien apropiado, no le sería difícil suministrar oxígeno al nido. El hoyo o la cueva debe hallarse en un lugar poco profundo y estar muy delimitado de las demás partes del estanque. Entonces al macho le será cómodo, quedándose sobre el nido, coger aire de la superficie, enriqueciendo al máximo la sangre con oxígeno, para saturar bien el agua con este gas. Siendo el nido bastante pequeño, no será nada difícil impregnar de oxígeno el agua estancada del pantano.

En los estanques también hay otra fuente de oxígeno más. Son las plantas verdes. Si es poca la cantidad de plantas que hay y el oxígeno desprendida por las mismas es insuficiente, entonces para saturar el agua habrá que dirigirse directamente a los

amigos verdes. Así es cómo proceden muchos insectos. A veces acumulan en las plantas gran cantidad de éstos, pues aquí la concentración de oxígeno es mayor.

En las plantas pueden verse con frecuencia diminutas burbujas de oxígeno. El escarabajo macropleo recoge estas burbujas, igual que nosotros recogemos setas en el bosque, y con las patas las lleva a sus antenas. Al cabo de algún tiempo la burbuja desaparece. Por lo visto, este insecto respira por las antenas. En caso que no hubiera burbujas de aire en las plantas, el escarabajo corta el tallo y espera a que comience a salir aire de las vías aeríferas. Así proceden también 'los gorgojos acuáticos.

Las larvas de los escarabajos macropleo y donacia hacen incisuras en las plantas y juntan a éstos los espiráculos del abdomen. Otros insectos hincan al estilete en la planta y chupan el oxígeno del espacio intercelular: Los espacios intercelulares, ricos en oxígeno, son los lugares preferidos para la ninfosis.

Más ingeniosa aún resultó ser la oruga del *paraponyx* brasileño. Esta construye su casa de pedacitos de plantas verdes, que los va renovando a medida que vayan muriéndose. Merced a esto, de día, a plena luz, en el nido del insecto siempre hay mucho oxígeno, en cambio de noche, para no asfixiarse con el gas carbónico que desprenden las plantas, las orugas tienen que salir al exterior.

En el estómago y los intestinos de los vertebrados hay muy poco oxígeno, pero los seres que habitan aquí también aprendieron a obtenerlo. Entre ellos ocupa no el último lugar la larva del gastrófilo, que vive en el tubo digestivo del caballo. Igual que todos los insectos, la larva respira por medio del sistema traqueal, aunque es posible que sea más potente y más ramificado que el de sus cofrades terrestres; además, también posee órganos rojos - formaciones pareadas, compuestas de numerosas y grandes células rojas. A cada célula le llega un tronco traqueal, que en su protoplasma se ramifica en muchísimas traqueolas.

No está muy claro aún cómo funcionan los órganos rojos, pero no cabe duda de que juegan el papel principal en el aseguramiento del oxígeno para las larvas del gastrófilo. De esto es testimonio la gran cantidad de hemoglobina que precisamente da el color rojo a las células. Además, su afinidad con el oxígeno, o sea, su propiedad de entrar en combinación, incluso cuando la concentración de dicho gas es mínima, resulta ser centenas de veces más alta que la de los mamíferos.

La ascáride o lombriz intestinal es huésped muy difundido de los intestinos de los mamíferos. Hasta hace relativamente poco se opinaba que ésta se había acostumbrado a vivir sin oxígeno. Sin embargo, para asombro de los científicos, en el cuerpo de la ascáride porcina fueron descubiertas dos clases de hemoglobina, la cual estaba concentrada en dos partes: en la pared del cuerpo y en el líquido parenteral, que llena la cavidad del cuerpo. La hemoglobina externa se desprende del oxígeno tomado 2500 veces y la interna, 10000 veces más despacio, que, la hemoglobina del puerco.

¿Para qué necesita hemoglobina la ascáride, si puede pasar la vida sin oxígeno? Los cálculos teóricos demuestran que el sistema de dos hemoglobinas, con la avaricia creciente de oxígeno, es posible que resulte su portador ideal, principalmente en las condiciones cuando hay insuficiencia de oxígeno.

Los animales menos organizados aún, y en primer lugar las bacterias, no poseen hemoglobina y por eso no pueden extraer activamente oxígeno del medio ambiente. Mientras tanto, el destino con frecuencia las lleva allí, donde hay poquísimo oxígeno o no lo hay en absoluto. No obstante, estos seres se sienten de lo mejor, conformándose con la ausencia de oxígeno. Los llaman anaerobios, o sea, que viven sin aire.

¿Cómo pueden los anaerobios vivir sin oxígeno? Hasta hace relativamente poco esta cuestión parecía un enigma sin solución. Hoy ya sabemos que sin oxígeno estos seres no pueden vivir. Simplemente los anaerobios no lo reciben de la atmósfera, sino de las sustancias orgánicas. Algunas bacterias incluso saben extraer oxígeno de los compuestos inorgánicos, utilizando para esto los nitritos y los sulfitos.

La esencia de los procesos respiratorios en los anaerobios consiste en que ellos saben oxidar los elementos de intercambio sin recurrir a la ayuda del oxígeno





complementario, contentándose con la cantidad contenida en la sustancia oxidable. Pues para que la sustancia se oxide es igual añadir oxígeno o sustraer hidrógeno. El proceso de oxidación, cuando se sustrae hidrógeno, se llama fermentación. La fermentación conduce a la desintegración de las sustancias orgánicas, como resultado de lo cual surgen sustancias oxidadas y reducidas, desprendiéndose la energía necesaria para el organismo.

La forma más conocida de fermentación es la que se observa en los seres unicelulares: la desintegración de la molécula de glucosa con la formación de dos moléculas de alcohol etílico (sustancia desoxidada) y dos moléculas de gas carbónico (sustancia oxidada). Entre los animales multicelulares es más difundida la fermentación láctica: la desintegración del hidrato de carbono, por ejemplo, la molécula de azúcar, en dos moléculas de ácido láctico, las cuales contienen menos energía que en la sustancia inicial. La desintegración de los hidratos de carbono no transcurre de repente, sino que se acompaña de toda una serie de reacciones, en cuyo resultado el oxígeno de la molécula de azúcar pasa del átomo de carbono interior al exterior, lo que precisamente causa el desprendimiento de la energía.

Existe otro método más de oxidación mediante la entrega del electrón, pero la posibilidad de ser utilizado por los organismos vivos está aún mal estudiada.

¿Por qué en los organismos vivos surgió la necesidad de utilizar el oxígeno de la atmósfera, si pueden recibir energía mediante la fermentación? Las causas son muchas y bastante esenciales. La fermentación nunca conduce a la completa oxidación de la sustancia y por eso se desprende poca energía. Si oxidamos completamente una molécula-gramo de glucosa hasta formar gas carbónico y agua, obtendremos 673 kilocalorías. Durante la fermentación, como resultado de la cual se forma alcohol etílico y gas carbónico, sólo se desprenden 25 kilocalorías, o sea, casi 27 veces menos. Por consiguiente, para obtener la misma cantidad de energía los anaerobios tienen que consumir 27 veces más glucosa, que la que consumen los aerobios. La diferencia es bastante perceptible y la naturaleza no pudo resignarse con esa prodigalidad.

Otra causa importante consiste en que como resultado de la fermentación se forman distintas sustancias nocivas para el organismo: alcohol etílico y alcohol butílico, ácido láctico, ácido butílico, acetona y muchos otros. Liberarse de éstos no es cosa

fácil. En el proceso de la respiración con frecuencia se forman gases combustibles. Los microorganismos a menudo despiden hidrógeno. Así respiran los microbios que viven en los intestinos de las termitas. Entre los animales multicelulares, que despiden mucho hidrógeno, se encuentran las larvas de ciertas moscas. Además de hidrógeno, algunos organismos pueden desprender metano y otros gases que son desconocidos aún, incluyendo los de autoinflamación. La salida de los gases que fueron acumulándose en el limo del fondo de los estanques representa un espectáculo muy bello, pues sus burbujas se inflaman en la superficie del agua formando una enigmática llama azulina. ¿Cómo han logrado los animales modificar tan bruscamente su manera de respirar y adaptarse a la falta de oxígeno? Resulta que eso no fue difícil. Cuando surgió la vida en la Tierra había muy poco oxígeno libre y los primeros seres tuvieron que convertirse en anaerobios. Sólo cuando comenzó a haber mucho oxígeno en la atmósfera, los animales aprendieron a quemar totalmente los productos energéticos. Pero el método de respiración anaerobia no desapareció, sino que llegó hasta nuestros días, heredándose de una generación a otra. Como ya se ha señalado al principio de este capítulo, las primeras fases de liberación de energía transcurren en todos los animales sin la participación del oxígeno. Cuando los animales aerobios consideraron oportuno mudarse de nuevo a los lugares donde no había de dónde coger oxígeno, otra vez tuvieron que restringirse con el empleo parcial de la energía comprendida en las sustancias alimenticias y recordar la manera antigua de neutralizar los productos semioxidados.

El mundo animal de nuestro planeta surgió en la época cuando en la atmósfera había muy poco oxígeno. No es nada de extrañar que los organismos vivos se hayan adaptado a esa escasez. Mucho más sorprendente es, aunque sencillamente no lo notemos, que los animales que habitan en condiciones de exceso de oxígeno, supieron frenar la intensidad de los procesos oxidantes en el organismo y apagar el fuego, que siempre está a punto de encenderse.

La cantidad de oxígeno en el medio ambiente es constante y sólo puede variar hacia el lado de la disminución. Por eso los animales poseen distintas adaptaciones para combatir la insuficiencia de oxígeno; en cambio, no hay nada que los puede proteger de su exceso.

Ber fue el primero que tropezó, hace cerca de 100 años, con la posibilidad de intoxicarse al respirar oxígeno puro. Para los científicos eso fue tan inesperado que no le creyeron. Surgió la suposición de que en el oxígeno, utilizado por Ber, había alguna impureza nociva. Los experimentos se reiteraron varias veces, pero por mucho que se purificase el oxígeno, los animales que permanecían un tiempo respirando este gas fallecían.

No era casual que a los científicos se interesaran por las intoxicaciones con oxígeno. Era necesario comprender este problema para organizar el servicio de salvamento submarino. El hombre sólo puede permanecer cerca de 24 horas en una atmósfera de oxígeno puro. Cuando se respira con oxígeno durante un tiempo más prolongado, surge la neumonía y, por muy extraño que parezca, la muerte se produce por asfixia, insuficiencia de oxígeno en los principales órganos y tejidos. A una presión de 2 ó 3 atmósferas el hombre puede hallarse no más de 1.5 ó 2 horas, después comienza la embriaguez de oxígeno, trastornos en la coordinación de los movimientos, desorden en la atención y pérdida de la memoria. Cuando la presión del oxígeno supera las 3 atmósferas, empiezan rápidamente las convulsiones causantes de la muerte.

Para los animales que viven en condiciones de severa escasez de oxígeno, este gas es más venenoso aún. En esto se basa el método de combatir a las ascárides que habitan en los intestinos del hombre. El oxígeno introducido en los intestinos del hombre no representa ningún peligro para el organismo humano; en cambio es inaguantable para el parásito.

El exceso de oxígeno no sólo es peligroso para los animales: también daña a las plantas. Es interesante señalar que la atmósfera de nuestro planeta, la cual fue saciada de oxígeno por las plantas, es desfavorable para éstas. Les es insuficiente el gas carbónico (esto es lo más asombroso) y demasiado el oxígeno. Según demostraron las investigaciones realizadas recientemente, no sólo la concentración habitual, sino la presencia del 2 por ciento de oxígeno en el ambiente (una décima parte de lo que contiene la atmósfera) es suficiente para obstaculizar notablemente a la fotosíntesis. Resulta que las plantas crearon para ellas mismas una atmósfera totalmente inadecuada. Si hubiese menos oxígeno, crecerían y se desarrollarían con mayor intensidad.

## 5. Escoria y lastre

En la sala de operaciones reinaba un silencio acucioso. El anestesista se había inclinado sobre la joven paciente. Ya estaba todo listo para comenzar la operación, sólo esperaban la señal del cirujano.

- Anestesia - ordenó un hombre alto y entrecano, sin separarse del lavabo. - Enseguida termino de lavarme.

La operación no era complicada. Sin embargo, daba miedo estar acostada en la mesa de operaciones. Por eso, cuando le llegó la primera dosis de éter a los pulmones, la paciente se asustó e intentó liberarse de la careta. La enfermera tuvo que retenerla, el anestesista aceleró involuntariamente la anestesia y el resultado no tardó en manifestarse. Pasó un minuto, un segundo, los músculos se relajaron, la enferma se calmó. Pero, ¿por qué reina esa inmovilidad tan extraña? ¡La paciente no respiraba! Ahora ya es el propio anestesista quien le quita apresuradamente la careta y comienza a hacerle respiración artificial.

- Lobelina -, le pide con voz temblorosa a la enfermera.

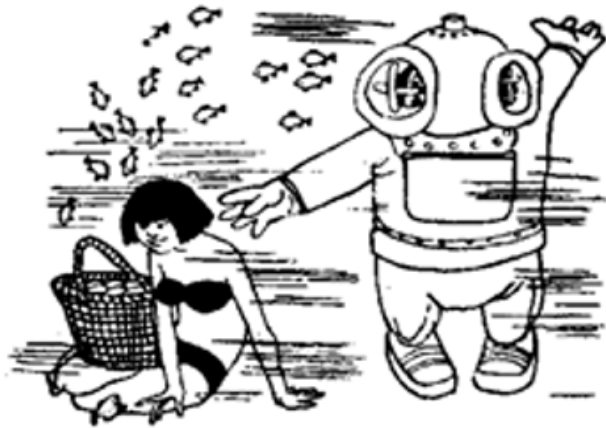
En el pasado, en el período inicial de la anestesia, el cese de la respiración era una complicación bastante frecuente y peligrosa. Esta puede presentarse al aumentar precipitadamente la dosis de narcosis gaseosa. A pesar de que la técnica anestésica de nuestros días casi excluye el surgimiento de dicha complicación, al poner en manos de los médicos métodos seguros para luchar contra sus consecuencias, resultaba muy desagradable encontrarse con esta situación en el primer día de trabajo independiente y, además, por culpa de su propia imprudencia. No es de extrañar por qué el anestesista le hacía tan enérgicamente la respiración artificial. Pasaron dos o tres minutos abrumadores y la paciente hizo la primera aspiración, después la segunda, la tercera...

- Es suficiente -, dijo el cirujano, pero la respiración se interrumpió de nuevo. E l anestesista, blanco como una sábana, se agachó otra vez sobre la mesa de operaciones para continuar haciendo la respiración artificial.

- Espere, colega, no se inquiete -, intervino de nuevo el cirujano -, usted simplemente ha ventilado demasiado a la enferma.

De nuevo la fatigosa espera. Por fin la paciente hizo la siguiente aspiración, después otra y otra. La respiración comenzó a ser más frecuente y hacerse más rítmica.

- Ahora puede ya continuar la anestesia antes que la enferma se despierte -del todo, pero no se apresure -, le recomendó el cirujano. Poco a poco el trabajo en la sala de operaciones entró en su paso habitual y al cabo de media hora la enferma ya se encontraba en su sala.



¿Por qué durante la operación se había interrumpido la respiración dos veces? El motivo de la primera es comprensible: una dosis excesiva de anestésico, el cual hizo que actuara de una manera depresiva en el centro respiratorio de la médula oblonga, produciendo el paro respiratorio. La causa de la segunda interrupción es

más complicada. Para comprenderla habrá que decir algo acerca de la regulación de la respiración. En ella participan tres aparatos receptores. El primero son los receptores nerviosos de los pulmones, que comunican al centro de la respiración del cerebro el grado de su distensión o caída. Estos indican al cerebro cuando deberá suspenderse la inspiración o la espiración y sustituirse por el proceso inverso.

Más importantes aún son los receptores químicos. Unos de ellos se encuentran en las carótidas y en la aorta. Estos sirven para observar la concentración de oxígeno en la sangre. Cuando el centro de la respiración recibe el aviso de que hay poco oxígeno en la sangre, él ordena acelerar la respiración, aunque con frecuencia se efectúe superficialmente. Esto último sucede debido a que al haber insuficiencia de oxígeno, el centro de la respiración se inhibe fácilmente y la información, aunque se trate de una distensión insignificante de los pulmones, ésta es suficiente para interrumpir la inspiración.

Los quimiorreceptores de segundo orden se encuentran en el propio centro de la respiración. Observan, principalmente, la concentración de gas carbónico en la sangre. Al encontrarse éste en exceso, la respiración se hace más profunda. El anestesista tuvo que recurrir a la respiración artificial ya que se produjo un aumento

considerable de la ventilación de los pulmones y la sangre estaba saturada de oxígeno, en cambio contenía muy poca cantidad de gas carbónico. Habían desaparecido los dos principales estimuladores del movimiento respiratorio, además, los impulsos que venían de los pulmones iban cayendo en el centro inhibido de la respiración y por eso su fuerza resultaba insuficiente para que se produjera la inspiración. Semejante complicación no es peligrosa - siempre que se restablezca la concentración normal de gas carbónico (si los tejidos continúan respirando, su cantidad aumentará inevitablemente), se restablecerá también la respiración.

De este modo tenemos que el gas carbónico, elemento nocivo e innecesario para el intercambio, escoria de la que el organismo tiende deshacerse, resulta que no es una sustancia tan innecesaria para el organismo.

Desde el momento que los científicos comprendieron la regulación de los movimientos respiratorios, se empezó a añadir gas carbónico en determinadas mezclas de gases con el fin de estimular el trabajo del centro de la respiración. Una adición análoga se utiliza también en la anestesia. Esta eleva la excitabilidad del centro de la respiración y, por consiguiente, asegura también un alto nivel de oxígeno en la sangre que circula por el organismo.

El centro de la respiración regula automáticamente el ritmo y la profundidad de los movimientos respiratorios. No obstante, nosotros podemos intervenir de una manera arbitraria en su trabajo, variando conscientemente el volumen de la ventilación pulmonar e, incluso, interrumpiendo por un tiempo los movimientos respiratorios. El plazo, durante el cual podemos parar la respiración, se somete a cierto entrenamiento. Las pescadoras de perlas del Japón pueden resistir 4-6 minutos debajo del agua. Incluso a ellas les pagan en dependencia del tiempo que se encuentren sumergidas.

Semejante entrenamiento tiene su desventaja: representa un gran peligro durante las labores subacuáticas, ya que el hombre posee solamente un receptor, que advierte acerca de la insuficiencia de oxígeno en la sangre, pero no es posible predeterminedar el instante cuando ya hay una cantidad peligrosamente pequeña. Para los aficionados a la pesca submarina que no están aún muy bien entrenados, esto es menos peligroso, puesto que no están en condiciones de resistir tan to

tiempo debajo del agua, como para agotar las reservas de oxígeno. Otra cosa ocurre con los profesionales, acostumbrados a oprimir el funcionamiento del centro de la respiración, incluso cuando hay demasiada disminución de oxígeno. Estos individuos están sumergidos en el agua hasta agotar todos los recursos de oxígeno y con facilidad pueden pasarse de la raya. A consecuencia de la gran insuficiencia de oxígeno, de la que en primer orden sufre el cerebro, se produce la pérdida instantánea del conocimiento y en este caso al buceador sólo le puede salvar la ayuda inmediata de sus compañeros. El

gas carbónico representa una escoria muy peligrosa. Es inodoro, incoloro, su peso específico es mucho mayor que el del oxígeno y que el del nitrógeno. Y allí, donde no hay movimiento de aire, este gas puede acumularse. Estos fenómenos se observan en las grutas corroídas por el agua y en las calizas. Las rocas circundantes suministran determinada cantidad de gas carbónico que, escurriéndose por los pasillos



subterráneos, puede acumularse en las partes bajas de la gruta, formando "lagos" originales. Por lo general, la persona que no esté preparada para esto parece al caer en semejante gruta. En el globo terráqueo existen varias grutas, denominadas "cuevas de perro". Aquí la profundidad de los "lagos" de gas carbónico no es muy grande y no supone peligro para la gente, ya que pueden "vadearse". Los perros, en cambio, se "ahogan" al caer allí.

El tercer componente en importancia de la atmósfera, después del gas carbónico y el oxígeno, es el nitrógeno. Este gas no participa para nada en la respiración y cuando la presión es normal, no tiene lugar el intercambio de nitrógeno entre el medio exterior y el cuerpo, ya que en los tejidos hay disuelta tanta cantidad de nitrógeno como en la sangre y ésta, a su vez, se encuentra saturada hasta el límite. Cuando aumenta mucho la presión exterior, entonces la sangre, con relación a los gases atmosféricos, es pobre y comienza a absorberlos intensamente y a

transmitirlos a los tejidos hasta establecer de nuevo el equilibrio entre estos tres medios.

Ahora bien, si la presión vuelve a la normal, o se reduce considerablemente, los gases disueltos en los tejidos regresan de nuevo a la sangre. El oxígeno, en este caso, no ejercerá ninguna influencia nociva, puesto que se consume rápidamente. En cambio, en los vasos sanguíneos se acumula tanto nitrógeno, que no podrá disolverse en la sangre, no le dará tiempo a salir fuera del organismo a través de los pulmones. Las burbujas de nitrógeno pueden obliterar los vasos pequeños. Si éstos son los vasos del corazón o del cerebro, pueden ocasionar la muerte. La única manera de salvar al enfermo será sometiéndole a la acción de la alta presión, dar la posibilidad de diluir el nitrógeno en la sangre y en los líquidos tisulares y luego ir bajando poco a poco la presión hasta la norma, con el fin de que al sobrante de nitrógeno le dé tiempo de abandonar el organismo.

Por lo general, el aire contiene polvo y vapores de agua. El problema de la limpieza de los espacios aéreos en nuestras ciudades es una de los problemas de higiene más importantes. Figúrense, el aire se considera limpio cuando en un centímetro cúbico del mismo no hay más de seis mil partículas de polvo.

Si alguien estima que esto es demasiado, sepa que el aire, con el que respiramos en casa, a veces contiene dos millones de partículas de polvo en cada centímetro cúbico de aire, con un peso de casi 10 miligramos. No es de extrañar que antes del comienzo de la gasificación de las ciudades, en Járkov y Leningrado cayesen al año 300-350 toneladas de precipitaciones de polvo por cada kilómetro cuadrado, y en Magnitogorsk, más de 700. Sin la presencia de unas adaptaciones que tiene el hombre para proteger los pulmones de la penetración del polvo en éstos, resultaría que los niños de la ciudad, al año de su nacimiento, tendrían los pulmones invadidos de suciedad.

A diferencia del polvo, los vapores de agua son útiles, preservan al organismo de la pérdida excesiva de humedad. Como norma higiénica para un local se considera el 60 por ciento de saturación del aire con vapores de agua. Cuando hay menos humedad el hombre se siente incómodo.

La electricidad es el último componente que el organismo recibe de la atmósfera. Por lo general, la gente se olvida de que los pulmones "mastican" durante el día una



cantidad considerable de electricidad, a pesar de que su afluencia tiene importancia esencial para el desarrollo normal de los procesos vitales del organismo.

¿Qué electricidad es esa que absorben nuestros pulmones y de dónde aparece en la atmósfera? Los científicos se enteraron de la existencia de electricidad en la atmósfera al final del siglo pasado. Bajo la acción del uranio y de otros elementos radiactivos, que se encuentran en pequeñísimas cantidades en cualquier terreno, bajo la influencia de los rayos cósmicos y ultravioletas, durante las descargas eléctricas, la pulverización del agua y la fricción de las partículas de polvo de los átomos y las moléculas de gas se desprenden electrones. De por sí solo el electrón libre desprendido no puede existir mucho tiempo. Enseguida se une a uno de los átomos libres o a la molécula. El electrón, como se sabe, lleva carga negativa, comunicándosela a la molécula que le ha aceptado. La molécula que perdió un electrón, por el contrario, está cargada positivamente, ya que el núcleo de cualquier átomo lleva carga positiva, igual a la carga de todos sus electrones.

Las moléculas cargadas de los gases atmosféricos se llaman iones aéreos. Parte de éstos se asientan en las partículas de polvo, formando iones pesados; otros se unen con varias moléculas neutras, formando iones livianos.

La mayor cantidad de iones aéreos se forman en el propio suelo o cerca del mismo. Como promedio, por cada centímetro cúbico de aire del terreno se crean de 8 a 10 pares de iones por segundo. No obstante, éstos, por lo común, no se aglomeran, ya que parte de ellos se eliminan al chocar dos iones de cargas contrarias y los demás son absorbidos por los cuerpos sólidos o líquidos o se difunden a lugares donde hay pocos.

Aunque los iones siempre se forman en pares, en el aire circundante predominan generalmente iones de una de las cargas. Lo más frecuente son iones positivos livianos. Esto ocurre así porque la Tierra posee carga negativa y en la atmósfera existen cargas positivas volumétricas. Bajo su influencia los iones aéreos negativos suben y los positivos bajan, acumulándose en las capas más inferiores de la atmósfera. La cantidad de iones pesados depende del estado polvoriento del aire. Se considera habitual, cuando el predominio de los iones pesados sobre los livianos no es mayor de 50 veces.

¿Necesita el organismo animal estas moléculas de gas, que están cargadas de electricidad? Sí, las necesita mucho. Los experimentos de A. L. Chizhevski demostraron que los animales experimentales, situados en una atmósfera donde había muy pocos iones, se enfermaban gravemente y cuando se les obligaba a respirar aire, carente por completo de cargas eléctricas, morían al cabo de 1.5-5 días.

Una concentración de iones aéreos muy alta, sobre todo si éstos son positivos, también es nociva para el organismo. El fen, aire alpino del Tirol; el viento del sudeste del Japón y el siroco, viento meridional de Italia, traen consigo muchos iones positivos, que causan a la gente estado de melancolía, dolor de cabeza, malestar, elevación de la tensión arterial, empeoramiento del curso de la tuberculosis y de algunas otras enfermedades. El cambio de cargas atmosféricas se soporta muy mal, pero los propios iones aéreos negativos mayormente producen efecto favorable, mejoran el estado de los enfermos de tuberculosis, bajan la presión sanguínea y favorecen el tratamiento de muchas enfermedades, incluyendo las infecciosas.

El efecto curativo de muchos balnearios se explica precisamente gracias a la gran cantidad de iones negativos livianos que allí hay. Sobre todo existen muchos iones aéreos negativos en ciertas regiones de la costa del Mar Báltico, cerca de las cataratas, ríos de montaña y grandes fuentes. Desde luego, las cargas eléctricas que recibe el organismo no se acumulan en nuestro cuerpo. Los tejidos son buenos conductores de la corriente eléctrica y por eso las cargas que se han adquirido van pasando poco a poco a la tierra. Existen distintas teorías respecto al mecanismo de acción de la carga atmosférica en el organismo vivo. Dos de ellas merecen mayor atención. Acorde a la primera, las cargas eléctricas moleculares influyen en las terminaciones nerviosas del tejido pulmonar y al mismo tiempo ejercen gran influencia en el estado funcional del sistema nervioso central.

La segunda teoría supone que los iones aéreos, al caer en los pulmones, transmiten su carga a la sangre y a los eritrocitos que se hallan en ésta. Transmitiendo luego a distintos órganos y tejidos la carga recibida por los pulmones, la sangre, por lo tanto, ejerce determinada influencia en estos órganos.

Es difícil decir cuál de las dos teorías es válida. Por lo visto, mayor número de hechos hablan a favor de la segunda. No obstante, para obtener conclusiones definitivas es necesario realizar prolongados experimentos.

## Capítulo 4

### MILES DE MILLONES DE CARGADORES

#### **Contenido:**

1. *No se atreve a cansarse*
2. *Las olas*
3. *La hidráulica*
4. *¿Dónde se podría conseguir leña?*

#### **1. No se atreve a cansarse**

Al decimoctavo día después de la concepción, en el embrión humano, que es una minúscula pelotita de células, ya comienza a latir el corazón para no pararse hasta la muerte. Tal vez sea este el único órgano que no elude el trabajo, incluso en los más empedernidos haraganes, y mantiene el ritmo constantemente. Figúrese, el corazón del minúsculo embrión humano de tres semanas, que ni siquiera posee aún verdadera sangre, hace una contracción cada segundo. Más tarde, cuando nazca el niño, las pulsaciones se harán más frecuentes todavía, llegando hasta 140 contracciones al minuto. Afortunadamente, este es el punto culminante: poco a poco el pulso va haciéndose más lento y la frecuencia del corazón de una persona adulta, en estado de reposo, llega a ser, como promedio, de 76 contracciones al minuto, aumentando dos veces y medio al realizar trabajos físicos. En resumidas cuentas, en 100 años de vida humana el corazón puede hacer cerca de 5 mil millones de contracciones.

Cuando nos detenemos y pensamos en esta cifra, ante todo, nos asombra que el corazón no se canse, y que mientras esté sano cumpla perfectamente con su deber, no deja de funcionar un solo segundo (¡literalmente ni un solo segundo!).

El metabolismo del hombre no está a un nivel muy alto. El de los animales homotermos pequeños es mucho más elevado. La cuestión consiste en que según vaya disminuyendo el tamaño del cuerpo, su superficie se reduce mucho más despacio. Por eso los organismos pequeños, para cada gramo de su cuerpo, tiene que producir mucho más calor que los animales grandes. La intensidad del metabolismo de estos animales es más alta y, por consiguiente, su corazón también

debe funcionar con más energía que el del hombre. En efecto, cuanto menor sea el animal, más rápidamente le latirá el corazón. El corazón de la ballena, animal que pesa 150 toneladas, hace 7 contracciones al minuto; el de un elefante de tres toneladas de peso, 46 contracciones; el del gato (que pese 1.3 kilogramo), 240; el del paro (que pese 8 gramos), 1200.

¿Cómo se explica que el corazón pueda trabajar a tales ritmos? Ante todo, la propia idea de que el corazón funciona sin descanso no es totalmente justa. El miocardio también descansa e incluso con bastante frecuencia, pero en porciones muy pequeñas. La contracción del corazón dura 0.49 segundos, aproximadamente, y si en este momento el hombre se encuentra en estado de reposo, entonces después de cada contracción viene una pausa de 0.31 segundos. En realidad, el tiempo de descanso es mayor aún, ya que no todas las secciones del corazón trabajan simultáneamente.

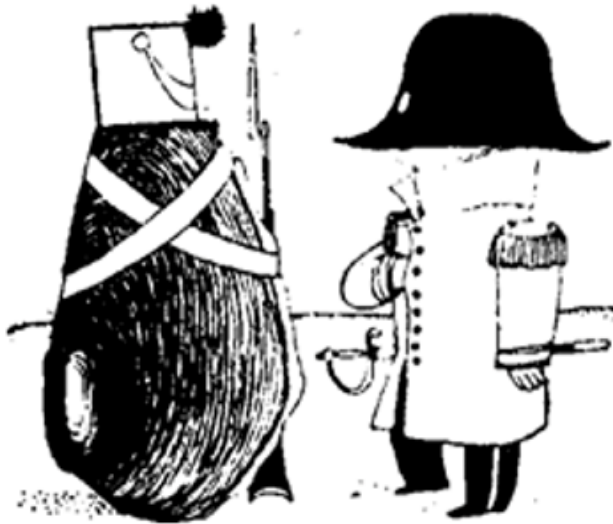
El ciclo cardíaco comienza con la contracción de la aurícula y mientras tanto el ventrículo descansa. La contracción de las aurículas es sustituida por la contracción de los ventrículos y en este tiempo reposan las aurículas. La contracción de las aurículas dura 0.11- 0.14 segundos, aproximadamente, y después de cada contracción reposan 0.66 segundos, que en total constituye 3.5 - 4 horas de trabajo y cerca de 20 horas de reposo al día. La contracción de los ventrículos dura algo más, cerca de 0.27-0.35 segundos, y descansan 0.45 - 0.53 segundos. Por consiguiente, los ventrículos del corazón funcionan 8.5 – 10.5 horas al día y reposan 13.5 – 15.5.

También el corazón de los pajaritos se las ingenia para descansar. Se contrae con más frecuencia, pero también descansa más a menudo. El corazón del paro celeste se contrae 1000 veces al minuto, el lapso de tiempo de una contracción de la aurícula equivale a 0.014; el tiempo de reposo ulterior, 0.046; la contracción de los ventrículos dura 0.024 y su reposo, 0.036 segundos. De esta manera, las aurículas sólo trabajan 5 horas y 40 minutos y descansan 18 horas 20 minutos; el funcionamiento de los ventrículos dura 9 horas 36 minutos y el descanso, 14 horas 24 minutos al día. Por lo tanto, no es peor que en el hombre.

Notemos de paso, que el hombre está en condiciones de mejorar grandemente el trabajo de su corazón, aumentando mucho la duración de su reposo. Según

demuestran las investigaciones médicas, en los deportistas bien entrenados la frecuencia de las contracciones del corazón en estado de reposo es mucho más baja, que en la parte restante de la humanidad y puede bajar hasta 40 e, incluso, hasta 28 pulsaciones al minuto.

Para poder realizar la función tan colosal que desempeña el corazón, es poco descansar, también hace falta comer bien y recibir la cantidad suficiente de oxígeno. Por eso el corazón de los animales superiores posee un sistema sanguíneo muy potente.



Los animales inferiores buscaron sus vías para abastecer al corazón. La naturaleza anticipó en miles de millones de años al aforismo de Napoleón, que decía que el camino al corazón del soldado pasa a través del estómago. Creando moluscos lamelibranquios (bivalvos), la naturaleza decidió atravesar su corazón, pero no con la flecha de Cupido, sino simplemente con el intestino posterior. Se ignora para qué

al intestino le hizo falta pasar a través del ventrículo del corazón del molusco. Desde luego, esta es la manera más simple de abastecer a la sangre con sustancias alimenticias y, por lo visto, así se mejora considerablemente la alimentación del propio miocardio.

La misión primordial del sistema cardiovascular es transportar lo más necesario a todos los rincones del organismo. Unas sustancias flotan en la sangre por sí mismas; otras, principalmente los gases, viajan montadas sobre los eritrocitos. En cada milímetro cúbico de sangre hay 4.5- 5 millones de cargadores. En total hay 35 000 000 000 000, la mayor caravana del mundo. La dimensión del eritrocito es insignificante, tan sólo 8 micrones, pero si los pusiésemos a todos en fila, india, igual que caminan los camellos por el desierto, resultaría una cinta, con la que se podría ceñir siete veces el globo terráqueo por el ecuador. Y con los eritrocitos de la

ballena, el ser más grande de la Tierra, posiblemente se pudieran formar varias caravanas, cada una de las cuales llegaría hasta el Sol.

El sistema de transporte de los animales no se desarrolló de súbito. Cuando las partículas del ser vivo se juntaron y formaron un organismo unicelular independiente, separándose del océano mediante una, membrana, la naturaleza tuvo que pensar cómo organizar el transporte dentro del organismo unicelular. La solución se halló al poco tiempo. La naturaleza construyó la célula como un océano microscópico y allí creó sus corrientes. Este es un sistema de transporte intercelular de rango inferior, que se conservó en muchos animales multicelulares, así como en el hombre. El protoplasma de cualquier célula de nuestro cuerpo es móvil, las corrientes protoplasmáticas existen incluso en las células nerviosas.

Los animales multicelulares tuvieron que organizar un sistema más complejo. Los más primitivos de ellos, como, por ejemplo, las esponjas, utilizan para esto el agua donde habitan. Las corrientes oceánicas les parecieron poco seguras y decidieron no fiarse de éstos. En vez de ello, con la ayuda de pestañas las esponjas obligan al agua de mar a pasar por los canales y poros de su cuerpo, llevando los alimentos y el oxígeno a todos los rincones.

Los animales superiores se aislaron por completo del océano y para asegurar las necesidades de transportación adquirieron su propio acuario. Quienes poseen mayores acuarios en nuestros días son los moluscos gasterópodos: el volumen de su sangre equivale al 90 por ciento del volumen del cuerpo. Esto, por lo visto, resultaba bastante lujoso. En las larvas de los insectos el acuario ya no superaba al 40 por ciento del peso de su cuerpo; el de los insectos adultos, 25; el de las aves y los mamíferos supone menos aún, tan sólo 7-10, y en fin, el más pequeño de todos es el de los peces, que compone el 1.5-3 por ciento del peso de su cuerpo.

Cuanto menor sea el acuario que posee el animal, tanto más intensamente tendrá que ser utilizado, tanto mayor deberán ser las corrientes que hay en él para que un mismo líquido pueda aprovecharse reiteradamente. No es nada asombroso de que los insectos puedan darse el lujo de tener en su acuario una corriente muy lenta, la cual con frecuencia realiza el ciclo completo en 30-35 minutos.

Nosotros no podemos permitirnos ese lujo. La sangre de nuestro acuario interno da una vuelta completa tan sólo en 23 segundos, realizando durante 24 horas más de

3700 vueltas. Pero eso no es el límite. Los perros necesitan 16 segundos para hacer el ciclo; los conejos, 7.5 y los animales pequeños, menos aún.

En los animales vertebrados la cosa se complica ya que el propio acuario es muy grande, mientras que el agua en él es poca y no puede llenarlo del todo. La extensión total de los vasos en el hombre es casi de 100 mil kilómetros. Por lo general, gran parte de ellos están vacíos. Es evidente, que para esto es insuficiente 7- 10 litros de sangre, abasteciéndose bien sólo los órganos que funcionan con gran intensidad. Por eso resulta imposible el trabajo intensivo y simultáneo de muchos sistemas.



Después de haber comido en abundancia, los órganos digestivos son los que comienzan a funcionar enérgicamente, por lo tanto, es hacia allí a donde se dirige una parte considerable de la sangre. Naturalmente, para el trabajo normal del cerebro ésta cantidad de sangre es insuficiente y entonces el hombre empieza a sentir somnolencia.

Para poner en movimiento el agua del acuario interno se necesitaron aparatos distintos en principio del aparato ciliar de las esponjas. Las bombas musculares resultaron ser mucho más seguras. Primeramente esto representaba un vaso pulsador, un corazón construido de la manera más simple, mediante el cual la hemolinfa se conducía a los vasos más pequeños y de allí a los espacios intertisular e intercelular. Después de lavarlos, ésta regresaba al vaso principal. Con semejante sistema abierto es muy difícil organizar una circulación correcta, por eso en los insectos, representantes más superiores de los invertebrados, aparecieron bombas, mediante las cuales es posible no sólo inyectar, sino también absorber. Con este fin el corazón de los insectos cuelga libremente de unos músculos en forma de alas; éstos lo estiran, creando así la presión negativa que absorbe el líquido que pasa a través de los tejidos.



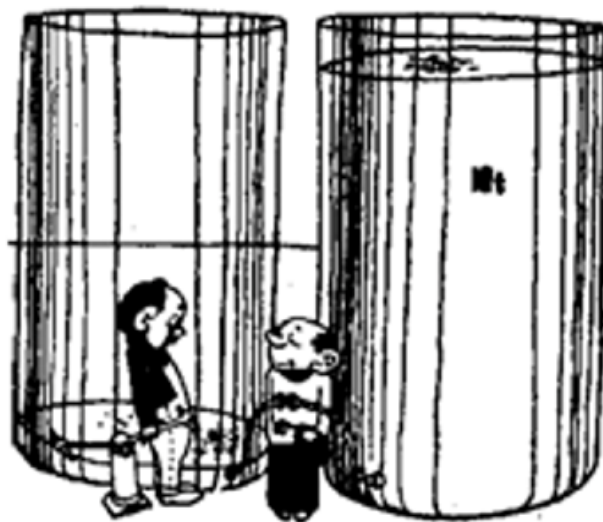
El vaso pulsante representa un agregado de poca fuerza, por eso los animales inferiores poseen, generalmente, muchísimos dispositivos de bombeo. El principal vaso pulsador de la lombriz de tierra, que se extiende a través de todo su cuerpo, lleva la sangre del extremo posterior al delantero y por el camino ella va derramándose por los vasos laterales, que a su vez son corazones y empujan a la sangre hacia las arterias más pequeñas. Todos estos numerosos corazones trabajan como les viene en gana y, en el mejor de los casos, coordinan su trabajo con el segmento adyacente. Esta organización no va más allá.

A los animales superiores les pareció racional aislarse no sólo del océano exterior, sino también del interior, creando un sistema de circulación cerrado, aunque hasta el momento dicha tarea no se ha resuelto del todo. El cauce principal del río interno, el sistema cardiovascular de los mamíferos, está cerrado, pero en él desembocan muchísimos arroyos - vasos linfáticos, por los que fluye el líquido de los espacios intertisulares e intercelulares.

De esta manera resultó que los tejidos y los órganos se aislaron por completo del contacto directo con el océano interno, pero se reservaron el derecho de verter sus aguas en ese recipiente móvil. Desde luego, este aislamiento del océano interno es muy relativo. En la parte arterial de los hemocapilares, cuya pared es bastante fina, y la presión de la sangre se mantiene alta; resulta que determinada cantidad de líquido se filtra en el espacio intercelular. La salida del líquido sería mayor aún (las propias orillas no están en condiciones de contenerlo bien) si no fuese por la alta presión oncótica de la sangre (eso está determinado por las proteínas disueltas en ella), la cual no deja que el agua abandone las proteínas disueltas en la sangre.

Durante el reposo en los tejidos penetra una pequeña cantidad de agua, que regresa nuevamente a la parte venosa del hemocapilar, donde la presión de la sangre resulta ser menor que la presión oncótica del plasma, y el líquido comienza a entremeterse activamente en el plasma mediante las proteínas disueltas en éste. En la parte venosa del hemocapilar, la fuerza que obliga al líquido a regresar a su cauce sanguíneo es, aproximadamente, dos veces más grande que la fuerza de la parte arterial, la cual le obligó a salir al espacio intertisular, por eso ella regresa de nuevo. Durante el trabajo se observa un cuadro totalmente distinto. En este caso la presión sanguínea en la parte arterial del hemocapilar será tan sumamente alta, que sus

paredes no estarán en condiciones de retener el agua ni las proteínas. En la parte venosa del hemocapilar la presión sanguínea seguirá siendo bastante alta, mientras que la presión oncótica, a causa de la pérdida de proteínas, bajará y el líquido no tendrá estímulos ni posibilidades para regresar al torrente sanguíneo. Sólo le quedará un camino: el sistema linfático. De este modo tendremos que el sistema linfático realiza en el organismo la misma función que el alcantarillado en las ciudades, que sirve para preservar las calles y las plazas de las inundaciones durante las grandes lluvias y tormentas.



Podía parecer que el surgimiento de un sistema estrictamente cerrado facilitaría el trabajo del corazón. Pero, ¡nada de eso! Para hacer pasar a la sangre por los hemocapilares y las pequeñísimas arteriolas se necesita una fuerza muy grande. Aunque, a medida que la arteria va ramificándose, aumenta también su área total sumaria de sección, hasta llegar a ser 800 veces más grande que la sección de la aorta, por donde sale la sangre del corazón, la

resistencia a consecuencia de esto solamente aumenta. Pues el hombre contiene 100- 160 mil millones de hemocapilares, con una longitud total de 60 a 80 mil kilómetros. I. F. Tsión, eminente fisiólogo ruso, calculó que durante la vida humana el corazón realiza un trabajo equivalente al esfuerzo que habría que hacer para levantar un tren ferroviario al Monte Blanco, el pico más alto de Europa, con 4810 metros de altura.

Incluso el corazón del hombre, estando en reposo relativo, bombea 6 litros de sangre por minuto y 6-10 toneladas al día. En el transcurso de la vida a través de nuestro corazón pasarán 150-250 mil toneladas de sangre. Pero el hombre no puede jactarse de la faena que realiza su corazón.

En vista de que es difícil hacer una comparación directa entre el trabajo que efectúa el corazón de los animales grandes y pequeños, los científicos, por lo general,

calculan qué cantidad de sangre bombea el corazón en un minuto por cada 100 gramos de peso corporal. El análisis demuestra que incluso el corazón del lento caracol funciona, aproximadamente, con la misma carga que el del hombre y que el de la mayoría de los animales trabaja todavía con más intensidad. El corazón del perro bombea unas dos veces más sangre y el del gato, 10 veces más.

Resulta que en las arterias se produce una presión bastante alta. Incluso en los animales tan pequeños, como son, por ejemplo, las larvas de la libélula o los renacuajos, la presión llega a alcanzar 30-38 milímetros de la columna de mercurio. En la mayoría de los casos la presión es más alta aún. En el pulpo es 60; en la rata, 75; en el hombre, 160 -180 y en el caballo llega hasta 200 milímetros de la columna de mercurio.

Habitualmente, cuanto más grande sea el animal, tanto más alta será la presión. Esto se puede ver de un modo evidente en las anguilas, los tiburones y otros peces, cuyas dimensiones varían mucho. Cuanto más larga sea la anguila o el tiburón, tanto más alta será la presión de su sangre. Sin embargo, no hay regla sin excepción. Por ejemplo, una de las excepciones es el gallo, el cual tiene en sus vasos la misma presión, que la del caballo.

Es evidente que el corazón de una especie de ballena, corazón que pesa 600-700 kilogramos, aunque esté funcionando bastante mal, debe trabajar mucho más que el corazón del pajarito paro, cuyo peso es casi 5 mil millones de veces más pequeño, o sea, tan sólo pesa 0.15 gramos. Para hacer una evaluación correcta, se compara el trabajo que realiza un gramo de músculo cardíaco. Y entonces vemos que el hombre no tiene nada de que enorgullecerse. Un gramo de nuestro corazón ejerce un trabajo equivalente a 4000 gramo/centímetros por minuto. Aproximadamente, este mismo trabajo lo realiza el corazón del caracol. ¡El corazón de la rana trabaja 3 veces más intensamente; el del conejo, 5; el del ratón blanco, 12! La mayoría de los animales que viven en la Tierra son horizontales. El encéfalo y el corazón - los dos órganos más importantes - se encuentran en estos animales a un mismo nivel. Esta posición es muy cómoda: no hay necesidad de realizar esfuerzos complementarios para abastecer el cerebro con sangre. Es distinto en el hombre, que tiene situado el cerebro mucho más arriba que el corazón, o por ejemplo, la jirafa de seis metros de altura, que tiene el corazón 2 ó 3 metros más

abajo que el cerebro. Todos los seres análogos (el gallo, el hombre, la jirafa) tienen una presión alta.

El corazón del animal típico horizontal es incapaz de abastecer de sangre al cerebro cuando el animal toma una postura impropia. Si ponemos al conejo o a la serpiente en posición vertical, al poco tiempo "perderán el conocimiento" a causa de anemia cerebral. Igualmente es insoportable permanecer en la postura inversa, cuando la cabeza se encuentra mucho más baja que el corazón. En este caso se producen trastornos motivados por el reflujo sanguíneo cerebral. Sin embargo, en el mundo animal hay muchos payasos-virtuosos, como el murciélago, para los que la posición del cuerpo no supone importancia esencial.

En el trabajo del sistema cardiovascular se ocultan muchas contradicciones. Por un lado, para mantener la circulación de la sangre en el nivel necesario es preciso crear una presión alta. Por otro lado, cuanto más alta sea la presión, tanto mayor será la posibilidad de accidentes. En cualquier momento el sistema puede no aguantar. Si la ruptura ocurre en un vaso grande, será inevitable la muerte como consecuencia de la gran pérdida de sangre.

Para que la presión en el sistema no supere a la norma, existen órganos de control especiales - los barorreceptores. En los mamíferos los principales barorreceptores están situados en el cayado de la aorta; en los senos carotídeos de las arterias carótidas, que llevan la sangre al cerebro, en las aurículas y en las terminaciones de los nervios sensitivos. Tan pronto se experimentan cambios en la presión, estos órganos lo comunican inmediatamente a la médula oblonga. Su restablecimiento normal se efectúa no tanto mediante la actividad del corazón, como por medio de la ayuda de los vasos. Las paredes de los vasos pequeños - las arteriolas - poseen músculos y cambian con facilidad su lumen. Estrechándose, éstos crean determinados obstáculos al fluido sanguíneo, lo cual produce la elevación de la presión; no obstante, pueden ensancharse de tal manera, que la presión disminuye hasta el nivel crítico, causando trastornos en la circulación sanguínea.

El corazón late durante toda la vida, contracción tras contracción, de día y de noche, cuando hace calor o frío. En una minúscula pelotita de células del embrión de un pollo de 29 horas ya algo empezó a pulsar y a llevar líquido hacia alguna parte. ¿Qué le obliga al corazón a contraerse? ¿Quién le ordenó al corazón del embrión del

pollito comenzar a trabajar? Pues ni siquiera tiene algo todavía que se asemeje al cerebro, el cual después cogerá en sus manos las riendas del gobierno del organismo.

Resulta que incluso, el corazón de los animales adultos, aunque se subordina a las órdenes del cerebro respecto a los cambios del carácter de trabajo, frenando o, por el contrario, acelerando su ritmo, no obstante puede muy bien prescindir de estas órdenes. Hablando en sentido figurado, nuestro corazón trabaja por su propia iniciativa y esto es una particularidad que no llegamos a apreciar. Si en los cultivos de tejidos, en caldos nutritivos especiales, se cultivaran las fibras del miocardio del embrión, veríamos como también éstas se contraerían rítmicamente en la probeta, sin esperar indicaciones de nadie, y simplemente no podrían vivir sin contraerse.

No obstante, sin la orden del mando supremo sería imposible efectuar un trabajo bien coordinado. Si cada fibra muscular se comprimiese cuando le conviniera, resultaría que la contracción general podría ocurrir sólo por casualidad. Así es como sucede en realidad en el primer período de vida de los embriones.

Algunos sectores del corazón del embrión de la rata se contraen independientemente uno del otro, hasta el momento que crezca y comience a funcionar el puesto de mando. En las aves y los mamíferos éste está situado en un compartimento especial del corazón, el nudo senoauricular.

El miocardio no tiene nervios y las órdenes son transmitidas por las fibras musculares a la velocidad de un metro por segundo. Para la contracción normal de las aurículas es suficiente esa velocidad. Para los ventrículos del corazón, que son más grandes, se ha requerido un sistema más rápido de transmitir órdenes - las fibras de Purkinje, mediante los cuales la excitación se propaga 6-5 veces más rápido.

El corazón de todos los animales respetables posee un solo centro de mando o conductor rítmico. En caso de haber más, se producirían confusiones. Desde luego, también hay casos curiosos. Por ejemplo, la ascidia y algunos tunicados tienen dos puntos de mando: uno en cada terminal del vaso pulsador. La sangre de estos animales se mueve ora en una dirección, ora en otra.

Merced a que el corazón de los vertebrados posee automatismo propio, éste puede trabajar incluso después de extraerlo del cuerpo. Los primeros ensayos de los

nuevos preparados cardíacos se efectúan en el corazón aislado de la rana, que, al organizarse correctamente los experimentos, conserva la propiedad de trabajar durante muchas horas.

Está muy difundida la idea errónea de que la muerte significa obligatoriamente el cese del funcionamiento del corazón. En realidad esto no es así. Andréev, médico ruso, obligó al corazón de un recién nacido a contraerse al cuarto día después de haber muerto el niño.

Hace unos siglos esto no se lo podían ni imaginar. El famoso médico del emperador Carlos V, Andrés Vesalio, uno de los pocos al que se le concedió el derecho de hacer la autopsia, fue condenado a pena de muerte por la Santa Inquisición, acusándole de haber hecho la autopsia a una mujer que aún estaba viva. Sólo gracias a la simpatía especial de Felipe II, heredero del trono, esta terrible e injusta sentencia fue sustituida por la peregrinación penitente a los lugares sagrados en el monte de Sinaí y en Jerusalén. Durante estos viajes Vesalio falleció.



La causa de la imputación al mayor sabio de aquella época y médico eminentísimo, fue la contracción del miocardio de una mujer, que indiscutiblemente había fallecido y a la que Vesalio le estaba haciendo la autopsia en presencia de numeroso público. Ahora es imposible decir por qué su corazón continuaba funcionando muchas horas después de haber muerto la mujer. En aquel momento a todos los desconcertados espectadores, testigos de aquel terrible espectáculo, no les cabía la menor duda de que la mujer estaba viva. El propio Vesalio estaba convencido de que había cometido una negligencia y estaba conforme con la sentencia que le habían impuesto.

## 2. Las olas

Las olas rompen en la orilla de nuestro propio océano, pero ellas no son azules, sino encarnadas. Señalemos de paso, que la sangre de las venas, saturada de ácido carbónico y de otros elementos de intercambio, tiene un matiz azulado. Esto, por lo visto, ya era conocido en el siglo XI. En todo caso, la nobleza, los favoritos del rey de Castilla, uno de los primeros reinos de la Península Ibérica, que logró sacudir el yugo mauritano, afirmaba que por sus venas corría "sangre azul". Con esto quería demostrar que jamás se había ligado con los moros, cuya sangre se consideraba más oscura. En realidad sólo gozan de ese privilegio algunos crustáceos, que verdaderamente tienen sangre azul.

Las aguas del mar interno contienen todo lo necesario para las células del organismo. Los líquidos tisulares de los organismos más inferiores por su composición se diferencian muy poco del agua de mar. A medida que los animales iban complicándose, comenzaba a cambiar la composición de la hemolinfa y la sangre. En ésta, además de las sales, aparecen sustancias fisiológicas activas, vitaminas, hormonas, proteínas, grasas e, incluso, azúcar. Actualmente la sangre más dulce es la de las aves; donde menos azúcar hay es en la sangre de los peces.

La función principal de la sangre es la transportación. Esta lleva el calor por todo el cuerpo, en el intestino recoge las sustancias nutritivas, y en los pulmones, el oxígeno, distribuyéndolos entre sus consumidores. En los animales más inferiores, el oxígeno, igual que otras sustancias necesarias, se disuelven, simplemente, en el líquido que circula por el cuerpo. Los animales superiores se abastecieron de una sustancia especial, que entra fácilmente en combinación con el oxígeno, cuando éste abunda e igualmente lo abandona, cuando el mismo comienza a faltar. Tales cualidades asombrosas resultaron ser propias de algunas proteínas complejas, cuya molécula contiene hierro y cobre. La hemocianina, proteína que contiene cobre, es de color azulado; la hemoglobina y otras proteínas análogas, que contienen hierro en sus moléculas, son de color rojo.

La molécula de hemoglobina se compone de dos partes: la parte de proteína propiamente dicha y la parte que contiene hierro. Esta última es igual en todos los animales, en cambio, para la primera parte, la de proteína, son característicos los rasgos específicos, por los que pueden distinguirse incluso los animales muy cercanos.

Todo lo que contiene la sangre y todo lo que ella lleva por los vasos está destinado para las células de nuestro cuerpo. Estas quitan a la sangre todo lo indispensable, utilizándolo para sus propias necesidades. Únicamente la sustancia que contiene oxígeno queda intacta. Pues si ésta comenzara a asentarse en los tejidos, a destruirse allí y a utilizarse para las necesidades del organismo, sería difícil transportar el oxígeno.

Al principio la naturaleza creaba moléculas muy grandes, con un peso molecular de dos e, incluso, de diez millones de veces más grande que el del átomo de hidrógeno, que es el elemento más ligero. Tales proteínas no eran capaces de pasar a través de las membranas celulares, "atascándose" incluso en poros bastante grandes. Por eso se conservaban durante un tiempo prolongado en la sangre y podían utilizarse reiteradamente. Para los animales superiores se halló una solución más original aún. La naturaleza les dotó con hemoglobinas, cuyo peso molecular solamente es 16 mil veces mayor, que el del átomo de hidrógeno.

Pero para que la hemoglobina no pase a ser propiedad de los tejidos circundantes, la situó, como si fuera en containers, dentro de unas células especiales que circulan junto con la sangre, denominadas eritrocitos.

En la mayoría de los animales los eritrocitos son redondos, aunque a veces, por alguna razón, cambian de aspecto y adquieren una forma ovalada. Entre los mamíferos pueden mencionarse el camello y la llama. No se sabe exactamente aún a qué se debieron estas modificaciones tan considerables en la construcción del eritrocito de dichos animales.

Primeramente los eritrocitos eran grandes, voluminosos. En el proteo, anfibio relicto cavernoso, su diámetro era de 35-58 micrones. En la mayoría de los anfibios eran mucho más pequeños, sin embargo, su volumen a veces alcanzaba 1100 micrones cúbicos. Esto resultaba incómodo, pues cuanto mayor fuese la célula, tanto relativamente menor sería su superficie, a través de la cual debería pasar el oxígeno a ambas partes. A cada unidad de superficie le tocaba demasiada hemoglobina, lo que causaba incomodidad para su plena utilización. Convenciéndose de esto, la naturaleza fue por el camino de reducir las dimensiones de los eritrocitos hasta 150 micrones cúbicos para las aves y 70 para los mamíferos. En el hombre su diámetro es igual a 8 micrones y el volumen, a 90 micrones cúbicos.



Los eritrocitos de muchos mamíferos son más pequeños aún; los de las cabras apenas alcanzan 4 micrones y los del almizclero, 2.5. No es difícil comprender por qué las cabras tienen eritrocitos tan pequeños. Los antepasados de las cabras domésticas eran animales monteses y vivían en una atmósfera muy enrarecida. No en vano poseen una enorme cantidad de eritrocitos -14.5 millones en cada milímetro cúbico de sangre, mientras que en tales animales, como los anfibios, la intensidad del metabolismo no es muy alta, poseen tan sólo 40-170 mil eritrocitos.

En busca de la reducción del volumen, las células rojas de la sangre de los vertebrados se convirtieron en unos discos planos. Así se redujo al máximo el camino de las moléculas de oxígeno, que se difunden en la profundidad del eritrocito. En el hombre, en el centro del disco, por ambos lados, hay unas abolladuras, que permitieron reducir aún más el volumen de la célula, aumentando su superficie.

Transportar hemoglobina en un embalaje especial dentro del eritrocito es muy cómodo, pero no hay mal que por bien no venga. El eritrocito es una célula viva y él mismo consume para su respiración gran cantidad de oxígeno. La naturaleza no permite prodigalidades. Ella tuvo que romperse bastante la cabeza para lograr reducir los gastos innecesarios.

Lo más importante de cualquier célula es el núcleo. Al extraerlo cuidadosamente, ya que los científicos saben practicar tales operaciones ultra microscópicas, se lograría que una célula sin núcleo, aunque no muerta, pero sin vitalidad, deja de realizar sus principales funciones y reduce mucho el metabolismo. Precisamente, la naturaleza - decidió aprovechar eso - privó de núcleos a los eritrocitos adultos de los mamíferos. La función principal de los eritrocitos - hacer de containers para la hemoglobina - es una función pasiva, de la que no debería sufrir; en cambio la reducción del metabolismo le convenía, ya que con esto también se reducía considerablemente el consumo de oxígeno.

En los últimos años se han ampliado muchísimo los conocimientos acerca de la naturaleza química de la hemoglobina. Resulta que cada eritrocito del hombre lleva cerca de 100 000 000 de moléculas de dicha substancia, las cuales, a su vez, se componen de 10 000 átomos, incluyendo 4 átomos de hierro. La molécula de mioglobina es mucho más pequeña. Tan sólo contiene 2500 átomos y lleva sólo uno

de hierro. En la composición de la molécula de hemoglobina de la sangre humana forman parte cuatro cadenas polipéptidas un par de alfa y otro par de beta, con un átomo de hierro cada una. Resulta que las cadenas alfa contienen 141 radicales de aminoácidos y las cadenas de beta, 146. No sólo se ha logrado determinar la cantidad de eslabones que contiene cada cadena, sino también se ha establecido lo que en sí representan y en qué sucesión están unidos. Esto ha hecho posible determinar la causa de muchas enfermedades de la sangre. Una de ellas, la anemia falciforme de las células, consiste en que los eritrocitos redondos se convierten en falciformes, parecidos a los finísimos semicírculos de la luna creciente. Tales eritrocitos deteriorados no están en condiciones de realizar sus funciones y se destruyen con rapidez, causándole al hombre la muerte prematura. El estudio de la hemoglobina de los eritrocitos estropeados ha demostrado que sus cadenas alfa son normales, en cambio las cadenas beta tienen un pequeño defecto. En una cadena beta normal, el sexto eslabón debe ser de glutamina. Sin embargo, en los eritrocitos enfermos de anemia falciforme, resucita que éste está sustituido por valina. El orden de todos los demás eslabones es normal. Por culpa de esta pequeñísima inexactitud en la estructura de la cadena beta, las moléculas de hemoglobina se pegan, formando una masa compacta, y dañan el container donde están incluidas. Otra enfermedad grave de la sangre, cuya naturaleza se ha logrado descifrar, es la ferrihemoglobinemia. Su esencia consiste en que dos de los cuatro átomos de hierro en la molécula de hemoglobina pierden la propiedad de adherir oxígeno y de esta manera la sangre de la persona enferma transporta dos veces menos oxígeno que en las personas sanas. También se ha logrado comprender la causa de este fenómeno. El hierro de la molécula de hemoglobina es de dos valencias. Habitualmente, el hierro en presencia del oxígeno adquiere un tercer electrón y entonces es de tres valencias. Esto no sucede con el hierro, que forma parte de la hemoglobina, ya que el tercer electrón del hierro lo sustrae la molécula de histidina, que en las cadenas alfa ocupa el eslabón 58, y en las cadenas beta, el 63. El sector de este aminoácido, que está dirigido hacia el hierro, lleva carga positiva, lo que precisamente le facilita atraer hacia sí el electrón de hierro, que tiene carga negativa. En las personas enfermas la histidina es sustituida por una molécula de tirosina, la cual no posee carga positiva en el lado dirigido hacia el hierro y, por

consiguiente, no puede atraer hacia sí el electrón. El átomo de hierro es de tres valencias y en esa forma no es capaz de retener el oxígeno.

La sangre no sólo sirve como medio de transporte. Desempeña también otras funciones de gran importancia. La sangre, desplazándose por los vasos del cuerpo, en los pulmones y el intestino casi roza con el ambiente exterior. Los pulmones, y sobre todo el intestino, son los órganos más sucios del organismo. No es de extrañar que aquí los microbios puedan penetrar con gran facilidad en la sangre. Además, ¿por qué no penetrar? La sangre es un magnífico caldo de cultivo y, además, rico en oxígeno. Si no fuese por los alertas e implacables guardias que están aquí mismo, a la entrada, el camino de la vida del organismo sería el camino de su muerte.

Los guardias aparecieron sin dificultad alguna. En la aurora del surgimiento de la vida todas las células del organismo ya eran capaces de atrapar y digerir partículas de sustancias alimenticias. Casi al mismo tiempo los organismos se abastecieron de células móviles, que hacían recordar mucho a las amibas contemporáneas. Ellas no estaban con los brazos cruzados esperando a que el fluido del líquido les trajese algo sabroso, sino al contrario, se pasaban la vida buscando su pan de cada día. Estas errantes células cazadoras, que desde el principio comenzaron a luchar contra los microbios que penetraban en el organismo, recibieron el nombre de leucocitos.

Los leucocitos son las células más grandes de la sangre humana. Su tamaño oscila de 8 a 20 micrones. Vestidos con batas blancas, estos sanitarios de nuestro organismo durante mucho tiempo participaban activamente en los procesos digestivos. Esa función continúan cumpliéndola en los anfibios contemporáneos. No es de extrañar que los animales inferiores contengan muchísimo. Un milímetro cúbico de sangre de pez posee hasta 80 mil, o sea diez veces más que en el hombre sano.

Para combatir exitosamente a los microbios patógenos se necesitan muchos leucocitos y el organismo los produce en enormes cantidades. Los científicos no han logrado aún determinar la duración de su vida. Además, es poco probable que se pueda establecer eso con precisión. Los leucocitos son soldados y, por lo visto, nunca viven hasta la vejez; perecen en la lucha, combatiendo por nuestra salud. Seguramente que por eso en distintos animales y en distintas condiciones

experimentales se han obtenido cifras muy abigarradas - desde 23 minutos hasta 15 días. Lo único que se logró establecer, con mayor precisión fue el período de vida de los linfocitos - una de las variedades de los minúsculos sanitarios. Viven 10-12



horas; o sea, durante un día el organismo renueva en total no menos de dos veces la composición íntegra de los linfocitos.

Los leucocitos son capaces de errar no sólo dentro del lecho sanguíneo, sino también pueden abandonarlo cuando es necesario, profundizándose en el tejido, al encuentro de los microorganismos que hayan podido penetrar allí. Devorando a los microbios peligrosos para el organismo, los leucocitos se intoxican con sus toxinas drásticas,

mueren, pero no se rinden. Ola tras ola, como si fuesen una muralla continua, atacan al foco morbífico, hasta romper la resistencia del enemigo. Cada leucocito puede "tragar" hasta 20 microorganismos.

Enorme cantidad de leucocitos salen a la superficie de las mucosas, donde siempre hay muchos microorganismos. Sólo en la cavidad bucal del hombre hay 250 mil cada minuto. Durante un día, aquí, en el puesto de combate, perece 1/80 parte de todos nuestros leucocitos.

Los leucocitos no sólo luchan contra los microbios. También se les ha encomendado otra función muy importante: exterminar todas las células deterioradas y desgastadas. En los tejidos del organismo realizan constantemente el desmontaje, limpiando los lugares para la construcción de nuevas células del cuerpo; los leucocitos jóvenes participan también en la propia construcción - en todo caso en la construcción de los huesos, tejido conjuntivo y músculos.

En la juventud cada leucocito debe decidir a qué dedicarse y en caso de necesidad se convierte en fagocito y se va a combatir contra los microbios; en fibroblasto, y

entonces va a la construcción o se convierte incluso en lipocito y, juntándose en alguna parte a sus compañeros, pasa sin apuro su tiempo.

Sin duda, por si solos los leucocitos no podrían salvaguardar al organismo de los microbios que en él penetran. En la sangre de cualquier animal hay distintas sustancias, capaces de encolar, matar y disolver los microbios que caigan en el sistema sanguíneo; así como convertir en sustancias insolubles y neutralizar las toxinas que segregan dichos microbios. Parte de estas sustancias protectoras las heredamos de los padres, otras aprendemos a elaborarlas nosotros mismos en la lucha contra los innumerables enemigos que nos rodean.

Por muy atentos que estén los aparatos de control - los barorreceptores -, encargados de supervisar el estado de la presión sanguínea, siempre puede ocurrir alguna avería. Es más frecuente cuando la desgracia viene de afuera. Cualquier herida, incluso la más insignificante, destruye cientos, miles de vasos, y a través de estas brechas comienza a brotar el agua del océano interno.

Creando para cada animal su océano individual, la naturaleza ha tenido que preocuparse por la organización del servicio de salvamento en caso de que fuesen destruidas sus orillas. Al principio este servicio no era muy seguro. Por lo tanto, para los seres inferiores la naturaleza tuvo que prever la posibilidad de descender considerablemente las aguas de los depósitos internos. Para el hombre es mortal la pérdida del 30 por ciento de su sangre; el escarabajo japonés soporta sin dificultad la pérdida del 50 por ciento de sus hemolinfas.

Si un buque en el mar hace una brecha, la tripulación tenderá a tapar el agujero con cualquier material auxiliar. La naturaleza dotó abundantemente a la sangre con sus propios remiendos. Estos son unas células fusiformes especiales, denominadas trombocitos, de tamaño pequeñísimo, que miden tan sólo 2-4 micrones. Si no fuera porque los trombocitos poseen la propiedad de pegarse bajo la acción de la tromboquinasa, sería imposible taponar cualquier agujero con tan minúsculos tapones. La naturaleza abasteció abundantemente con estos fermentos a los tejidos que rodean a los vasos, la piel y otros lugares que con mayor frecuencia están expuestos a los traumas. Al menor deterioro de los tejidos la tromboquinasa se desprende hacia el exterior, entra en contacto con la sangre y los trombocitos comienzan inmediatamente a pegarse, formando pelotitas, mientras que la sangre

va llevándole nuevos materiales de construcción, pues en cada milímetro cúbico de sangre hay 150-400 mil unidades.

Por si mismos los trombocitos no pueden formar un tapón muy grande. El tapón se forma merced a la caída de los hilos de una proteína especial - la fibrina - que en forma de fibrinógeno está constantemente presente en la sangre. En la red formada por las fibras de la fibrina se atascan las pelotitas de trombocitos, eritrocitos y leucocitos pegados. Pasan unos minutos y se forma un tapón bastante grande. Si es dañado un vaso sanguíneo pequeño y su presión sanguínea no es tan alta como para hacer saltar el tapón, entonces la fuga será liquidada.

Probablemente no sea rentable que el servicio de avería consuma mucha energía y, por consiguiente, oxígeno. Ante los trombocitos está planteada una sola misión: pegarse en el momento de peligro. La función es pasiva, no exige del trombocito gran consumo de energía, lo que significa que no es menester consumir oxígeno mientras que el organismo esté tranquilo. Por eso la naturaleza ha obrado con ellos igual que con los eritrocitos: les privó de núcleos y con esto, reduciendo el nivel del metabolismo, redujo considerablemente el consumo de oxígeno.

Es evidente que haya necesidad de un servicio de avería de la sangre bien organizado, pero, por desgracia, ese servicio amenaza al organismo con un terrible peligro. ¿Qué sucedería si por tal o cual causa el servicio de avería no pudiese comenzar el trabajo a su tiempo? Semejantes acciones inoportunas conducirían a un grave accidente. La sangre en los vasos se coagularía, produciéndose la obstrucción de los mismos. Por eso la sangre está prevista de un segundo servicio de avería, el sistema de anticoagulación. Este controla que en la sangre no haya trombina, cuya interacción con el fibrinógeno conduce a la caída de los hilos de la fibrina. Tan pronto aparezca la trombina, el sistema de anticoagulación lo inactiva inmediatamente.

El segundo servicio funciona de un modo muy activo. Si se introduce en la sangre de la rana una dosis considerable de trombina, no ocurrirá nada peligroso, esta substancia será neutralizada al momento. En cambio, si ahora cogemos la sangre de este mismo animal, resultará que ya ha perdido la propiedad de coagularse.

El primer servicio de avería funciona automáticamente; el segundo lo dirige el cerebro. Sin las indicaciones del mismo el sistema no puede funcionar. Si primero

destruimos el puesto de mando de la rana, que se encuentra en la médula oblonga, y después introducimos trombina, la sangre se coagulará inmediatamente. El servicio de avería está listo, pero no hay quien dé la señal de alarma.

Además de los servicios de avería enumerados, la sangre posee también un equipo de reparación capital. Cuando el sistema sanguíneo se ha deteriorado, no sólo es importante la formación rápida del trombo, sino también es menester su eliminación oportuna. Mientras están tapando el vaso roto con un tapón, él impide a la cicatrización de la herida. El equipo de reparación, una vez que haya reparado a los tejidos, poco a poco va disolviendo y reabsorbiendo el trombo.

Los numerosos servicios de guardia, de control y de avería vigilan fielmente las aguas de nuestro océano interno contra cualquier sorpresa, garantizando la alta seguridad en el movimiento de sus olas y la constancia de su composición.

### **3. La hidráulica**

La naturaleza siempre pretende imponer a cualquier organismo funciones complementarias. Por muy específicas e importantes que sean las misiones del sistema cardiovascular, incluso éste no pudo evitar esta suerte, pues era demasiada seductora la idea de utilizar la presión existente en el sistema sanguíneo. Se sabe que la hipertensión (aumento considerable de la presión sanguínea) es muy peligrosa para el organismo, ya que puede provocar la destrucción del sistema y la ruptura de los vasos sanguíneos. Sin embargo, la naturaleza logró aprovechar ese fenómeno. El lagarto frinosomo, que vive en los desiertos mexicanos, utiliza para su propia defensa la hipertensión local en los vasos de la cabeza.

En general, no puede decirse que esto sea un fenómeno tan raro en la naturaleza. La sangre, a una presión más alta que la normal, llena las crestas, las púas y otras excrescencias de la cabeza y de distintas partes del cuerpo, haciendo que aumenten sus dimensiones, que se enderezcan y que cambien de color, dándole - al animal un aspecto terrible.

El lagarto frinosomo no se ha limitado con esto. La naturaleza le ha dotado también con una adaptación asombrosa. En el momento de peligro, un músculo especial aprieta uno de los grandes vasos sanguíneos, produciéndose la subida brusca de la tensión en los vasos sanguíneos de la cabeza. Los pequeños vasos de la membrana

nictitante del ojo no resisten y estallan: la sangre brota por los ángulos de los ojos al encuentro del enemigo. La inesperada ducha con frecuencia pone en fuga al atacante. El arma acciona, aproximadamente, en un radio de metro y medio.

Otra designación del músculo obturador es favorecer la muda. Los reptiles crecen casi durante toda su vida. El frinosomo cada año muda su piel, pero no siempre le es fácil liberarse de su viejo indumento. Es aquí cuando acude en ayuda el músculo obturador. Al elevarse la tensión, en todos los vasos sanguíneos, tanto los grandes como los pequeños, se llenan de sangre y la cabeza se infla hasta que en ella revienta la piel vieja. El procedimiento ulterior no es muy complejo. El lagarto sale de su piel por el orificio que se ha formado, igual que si se quitara el mono.

No fue muy cómodo el empleo del sistema cardiovascular para las necesidades complementarias. No obstante, inventando las bombas y los vasos comunicantes, la naturaleza decidió ocuparse seriamente de la hidráulica. Por lo visto, se dio cuenta, ante todo de que bombeando el líquido a las cavidades y a los espacios intertisulares se podía elevar considerablemente el turgor de los tejidos, o sea, comunicarles cierta solidez mecánica. De aquí hasta la creación del esqueleto hidrostático sólo quedaba un paso.

Aunque resulte gracioso, pero construcciones análogas el hombre comenzó a utilizarlas en el siglo XX y hasta el momento no han adquirido gran divulgación. En particular, es efectivo el empleo de aire comprimido. Imagínense una caravana de buldóceres y vehículos todoterreno, atravesando la taigá hacia el lugar de la futura obra. En horas contadas se desmonta el terreno para dislocar el poblado. Primeramente se descargan de los vehículos los bultos poco voluminosos y se conectan los dispositivos de bombeo. Al cabo de hora y media en el lugar, donde hace poco reinaba la taigá, surge un pueblo de casas de lona de dos pisos, donde las vigas y demás estructuras sustentadoras son neumáticas. Cómodo, rápido, barato y, aunque parezca extraño, segura. Además, las casas de lona pueden ser bastante calientes, haciendo sus paredes igualmente neumáticas de 2 ó 3 capas de lona engomada.

También para los animales es muy cómodo el esqueleto hidrostática. Su ventaja principal consiste en que éste puede crearse para el tiempo que le haga falta. Tan pronto no baya necesidad de ello, sólo hay que bajar la presión en el sistema y del



esqueleto no quedarán ni huellas. Verdad es que por su resistencia el esqueleto hidrostático no soportó la competencia con el óseo y allí, donde los soportes debieran ser permanentes, cedió lugar a las construcciones más sólidas. En cambio, allí, donde el esqueleto permanente no es necesario, la hidráulica adquirió ventaja. La naturaleza llevó este invento a través de toda la evolución del reino animal, desde los seres más primitivos hasta el

hombre. Un ejemplo de esto son los cuerpos cavernosos, en los cuales la sangre es utilizada en calidad de líquido de trabajo. Más interesantes aún son los dispositivos hidrodinámicos. Estos pueden ser muy primitivos o alcanzar considerable grado de complejidad. Entre los dispositivos más simples se encuentran los sifones de desagüe de los moluscos bivalvos. Estos animales

obtienen oxígeno y alimentos - pedacitos minúsculos de sustancias orgánicas - del agua absorbida en la cavidad del manto. El agua, enriquecida con gas carbónico y ensuciada con excrementos, sale al exterior por un sifón especial. El molusco, indudablemente, está interesado en arrojar los desperdicios lo más lejos posible para que no vuelvan a caer en la cavidad del manto. Por eso el sifón de desagüe suele ser bastante largo. No obstante, éste no posee musculatura especial para alargarse todo lo más que se pueda. Cuando la concha está cerrada y cesa el movimiento del agua en la cavidad del manto, el sifón disminuye. Pero tan pronto se reanuda la corriente de líquido, el sifón, bajo su influencia, comienza a enderezarse y a estirarse.

Los dispositivos hidrodinámicos de las extremidades de las arañas desempeñan funciones locomotrices. La flexión de las extremidades de estos seres octópodos - cada pata se compone de 6 ó 7 segmentos - se efectúa, igual que en todos los demás animales, mediante la contracción de músculos especiales; en cambio, la



extensión se realiza gracias a la elevación de la presión dentro de las extremidades que están revestidas con una coraza quitinosa.

Los dispositivos hidrodinámicos tienen gran importancia en la excavación de cuevas. Cuando la lombriz de tierra intenta abrir una cueva en tierra húmeda (si está seca, la misma lombriz la humecta), contrae al máximo la musculatura anular de su extremo delantero, casi hasta convertirlo en una lezna aguda, y busca aunque sea la grieta más pequeña entre las partículas de tierra. Si esto no se logra, comienza a hincar en la tierra el extremo delantero, golpeándolo desde dentro con la faringe, que se pone en movimiento por medio de un dispositivo hidrodinámico. La elevación de la presión desde 2 hasta 14 milímetros de la columna de agua, permite asestar golpes de 8.5 gramos de fuerza. Después de introducirse aunque sea un poquito en la tierra, la lombriz eleva la presión en la parte más delantera del cuerpo y la ensancha, ampliando también el agujero. Repitiendo muchas veces los movimientos descritos, veremos que al poco tiempo la lombriz se oculta en la tierra, si ésta no está muy dura. Más enérgicamente actúan los escafópodos, que al excavar cuevas pueden desarrollar una presión de hasta 600 milímetros de la columna de agua.

Entre los dispositivos hidrodinámicos más perfectos se encuentra el aparato locomotriz de los equinodermos, el cual está desarrollado, principalmente, en las estrellas de mar, en los ofiuros y en muchas holoturias. Los radios dula estrella de mar están atravesados por canales radiales, situados simétricamente, y están llenos de un líquido acuoso. Las ramificaciones que parten de los canales penetran en cada una de las minúsculas patitas musculares, situadas en la parte inferior o bucal de los radios. Durante el movimiento el líquido se inyecta en las patitas y entonces éstas se hinchan mucho, estirándose hacia adelante, en dirección del movimiento; luego, por medio de ventosas, se aferran al fondo. A continuación su musculatura se contrae, expulsando el líquido de los canales y arrastrando un poco a la estrella hacia adelante. Más tarde las patitas se desprenden del substrato, por el que se desliza la estrella, y de nuevo en ellas se inyecta líquido, volviendo a repetirse todo el ciclo. Como puede verse, el corazón no es la única bomba que utiliza la naturaleza para garantizar el cumplimiento de las principales funciones vitales del organismo de muchos animales.

#### 4. ¿Dónde se podría conseguir leña?

La Tierra, igual que otros planetas del sistema solar, tiene un clima muy heterogéneo. Hay lugares de Antártida donde la temperatura baja hasta -88 grados, mientras que en África con frecuencia sube hasta 55 grados sobre cero. Pero esto, claro está, son los extremos. Estas temperaturas se observan en muy pocas regiones del globo terráqueo. En general, el clima es más hospitalario. Por lo visto, los procesos vitales en la mayoría de los animales se producen a temperaturas del cuerpo que oscilan desde 0 hasta 40 grados. Es un intervalo bastante amplio y, sin embargo, para muchos animales y plantas resulta angosto.

Existen algas que viven, que se reproducen y que, por lo visto, se sienten magníficamente en las fuentes calientes, donde la temperatura llega hasta 70-90 grados sobre cero. En los hielos perpetuos polares también hay vida. Esto lo descubrió hace casi 200 años la expedición de Sosiur, eminente investigador polar. Señalemos de paso, que a los científicos les extrañó otra cosa. La expedición descubrió regiones, donde la nieve estaba encarnada. Este espectáculo alarmaba incluso a la gente más serena.

La causa de ese color singular de la nieve se logró aclarar algo más tarde. Pudo determinarse que los culpables de ello eran las algas microscópicas unicelulares que cubrían la superficie de la nieve. Más tarde estas algas, a las que se les dio el nombre de Chlamydomonas, algas de las nieves, se descubrieron en distintas regiones del Ártico y de Antártica, en las nieves perpetuas de los más altos macizos montañosos, incluyendo también el Cáucaso.

Al presente, los científicos conocen 140 especies de plantas que viven permanentemente en los hielos y en las nieves. Muchas de ellas son de color violeta, rojo, marrón o verde, dando a la nieve el matiz correspondiente.

Para que las algas de las nieves puedan desarrollarse, necesitan que haya mucha luz solar y un tiempo bastante frío. Por eso sólo pueden encontrarse en grandes cantidades en las regiones polares y en las cimas de las montañas. La extraordinaria resistencia al frío, que al principio dejó estupefactos a los científicos, ahora no asombra a nadie. Mucho más interesante es su temor al calor. El alga de las nieves empieza a morirse de "calor" a la temperatura de 4 grados. ¡A una

temperatura que para nosotros es muy fría! Por lo visto, en la Tierra no hay organismos que teman tanto al calor, como el alga de la nieve.

A veces una misma especie de animales puede encontrarse en todas las zonas climáticas: desde las regiones polares hasta el ecuador. La estabilidad térmica y la



resistencia al frío de distintas razas de estos cosmopolitas Pueden ser muy distintas. Los gusanos terebellidos, que habitan en el Océano Glacial Ártico, cerca de Groenlandia, mueren de "calor" a la temperatura de 6-7 grados. Sus cofrades meridionales del Océano Indico soportan con facilidad el calentamiento del agua hasta 24 grados sobre cero.

Los campeones entre los animales termófilos son los cangrejos que viven en los lagos calientes y algo salados de

la Península Arábica. Estos seres ya se "huelan" a los 35 grados y se mueren de "frío" cuando la temperatura baja más.

Pero no todos los animales son tan melindrosos. Por lo general, ellos soportan con facilidad el frío. Las esporas y los animales primitivos (los rotíferos y los tardígrados) sobreviven a la temperatura, cercana al cero absoluto, o sea, cerca de 273 grados bajo cero. Incluso, los huevos y las crisálidas de organismos tan altamente desarrollados, como son los insectos, pueden soportar enfriamientos considerables. Muchos de éstos en nuestras latitudes septentrionales pasan el invierno a la intemperie, aguantando los crudos inviernos de 30 y 50 grados de frío. En condiciones de laboratorio soportaron fríos de hasta 80-250 grados bajo cero.

¿Por qué, a pesar de la gran estabilidad térmica la resistencia al frío, la actividad vital de muchos animales sólo es posible en un intervalo relativamente estrecho? La temperatura determina la velocidad del movimiento de las moléculas de cualquier materia, incluyen do aquéllas, con las cuales está construido el cuerpo de los animales. Cuanto más baja sea la temperatura, más lento será el movimiento de las

moléculas y, por consiguiente, con mayor lentitud transcurrirán las reacciones químicas, hasta el momento que su velocidad no baje a tal punto en que sea imposible la actividad vital. Esto ocurre a la temperatura de la formación del hielo: las principales reacciones químicas en el organismo transcurren en soluciones acuosas.

El límite superior de las temperaturas soportables depende de la estabilidad de las proteínas y las grasas. Al calentarse a más de 40 grados varían tanto, que las células llegan a perecer. Por eso todos los animales aspiran a obtener las condiciones óptimas de temperatura, lo cual se logra mediante distintos procedimientos.

Como se sabe, en la Tierra existen animales de sangre fría, cuya temperatura corporal depende de la temperaturas del medio ambiente. En el tiempo frío a veces tienen que recurrir a procedimientos muy complicados para calentarse de alguna manera.

Los animales superiores (de sangre caliente u homotermos) inventaron un método universal para mantener, la temperatura de su cuerpo al elaborar calor.

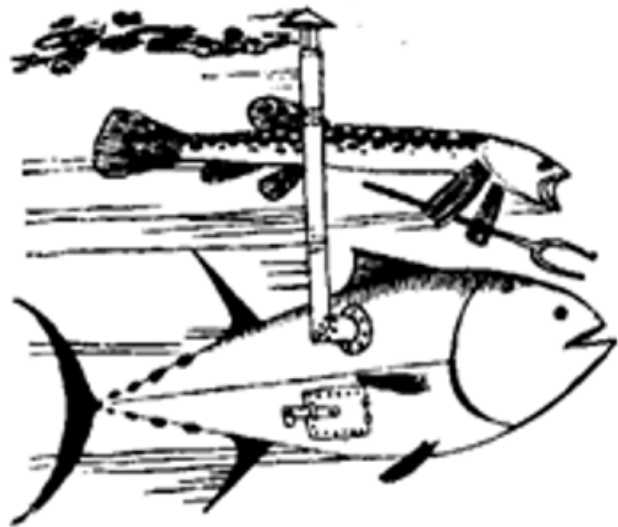
Señalemos de paso, que esto lo hace una célula cualquiera del cuerpo de cualquier organismo si ésta participa activamente en el metabolismo. Semejante célula, aunque tan sólo sea en una milésima parte de un grado, siempre está más caliente que el medio ambiente. Por eso no es muy justa la confirmación de los manuales escolares, en los que se dice que la temperatura del cuerpo de los animales de sangre fría es igual a la del medio ambiente. Naturalmente, los animales pequeños generan menos calor, entregándolo pronto al medio ambiente. Aquí es muy difícil notar si el animal está más caliente que el medio ambiente. En cambio, los animales grandes elaboran más calor y lo mantienen más tiempo. La pequeña trucha, que vive en las aguas frescas de los arroyos montañosos, está sólo 0.012 grados más caliente que el agua, mientras que la temperatura del cuerpo de un atún o de una macaira grande es mucho más alta, no menos de 6 grados, en comparación con la temperatura del agua.

Para los animales de sangre fría la manera más simple de calentarse es buscar un lugarcito con microclima apropiado. Cuando comienza a hacer frío, estos animales se esconden en cuevas, buscan refugios en el fondo de los estanques y algunos

hasta crear su propio microclima. Esto puede hacerlo incluso las plantas. Se sabe que en el bosque el clima es más suave que en los campos vecinos.

Durante mucho tiempo los científicos no pudieron resolver el enigma: ¿cómo las algas de las nieves, de las que ya hemos tratado, logran mantener el alto nivel de metabolismo y desarrollarse intensamente a bajas temperaturas? ¿De dónde sacan energía para esto? Semejante propiedad no la posee ningún otro organismo de nuestro planeta.

No hace mucho se descubrió que las algas de las nieves crean sus condiciones favorables. No están dispersas por la nieve, sino viven en pequeñas colonias. Cuando hace sol las oscuras acumulaciones de algas se calientan, la nieve de su alrededor se derrite y cada colonia se encuentra en un hoyo minúsculo. Con frecuencia el agua en la superficie llega a helarse y la bañera con las algas se cubre por encima con una capa fina de hielo. Así es cómo se forma un pequeñísimo invernadero, donde puede mantenerse una temperatura de casi 0 grados.



Sin embargo, no sólo la elevación de la temperatura hasta cero grados asegura a las algas las condiciones favorables para su existencia. Los científicos suponen que la *Chlamydomona* posee un dispositivo que funciona igual que las baterías eléctricas de semiconductores. Para obtener corriente eléctrica es necesario que una parte del aparato semiconductor esté caliente y la otra, fría. Cuanto más grande sea la diferencia de sus temperaturas, tanto más energía eléctrica se generará en las algas de las nieves ocurre lo mismo. Mientras una parte la calienta el sol, la otra se enfría muchísimo. Por lo visto, esto es precisamente lo que asegura la energía necesaria para el desarrollo de las funciones vitales de las algas.

Las grandes cosechas de microorganismos de las nieves no se pierden en vano. Si hay alimentos, siempre se encuentran también consumidores, incluso en Antártica.

Este continente nos lo imaginamos como un enorme país muerto, cubierto de capas de hielo de más de un kilómetro de espesor, donde se desenfrenan fuertes heladas y tormentas de nieve durante 10-11 meses al año y sólo hay 1 ó 2 meses con fríos menos rigurosos. Estamos acostumbrados a pensar que los pocos habitantes de este continente (las focas, los pingüinos y algunas especies de aves) viven cerca del océano y el resto del continente es absolutamente exánime.

Pero esto no es del todo justo. En el tiempo que se está estudiando el Antártida los científicos ya han descubierto en las nieves perpetuas cerca de 50 especies de insectos y otros animales. La vida ha penetrado profundamente en el interior de este inhóspito continente.

La recordista en cuanto a lejanía resultó ser una minúscula araña, que fue hallada por los colaboradores de una expedición inglesa a 500 kilómetros del Polo Sur. Esta arañita vive en los jardincitos de algas y hongos. Si las colonias de algas están situadas una cerca de la otra, los invernaderos se juntan, formando todo un sistema de invernáculos debajo de la nieve. Precisamente es ahí donde vive esta araña. En los invernaderos abunda la comida y hace más calor que a la intemperie. Además, el inquilino se viste con una camisa oscura, que el sol la calienta bastante bien. Al terminar el corto verano polar, la araña cae en el sueño invernal.

También hay otros animales que utilizan la energía solar. Los insectos que habitan en las regiones polares y alpinas llevan ropa oscura, que sirve para absorber los rayos térmicos. Por eso, cuando hace sol, la temperatura del cuerpo de estos insectos es mucho más alta que la del aire.

Otros animales aprendieron a regular el calor que reciben. Esto es muy importante, ya que en los días de sol pueden recalentarse demasiado. Muchos anfibios y reptiles tienen células pigmentarias (pigmentocitos) especiales en la piel, capaces de variar sus dimensiones. Cuando los pigmentoritos son pequeños, el color de la piel es claro y refleja los rayos solares. Al engrandecerse los pigmentocitos, el color de la piel oscurece bruscamente, absorbiendo mucho mejor los rayos solares y así el cuerpo del animal se calienta, pero hasta un límite determinado. En el momento que empiecen a recalentarse, los pigmentocitos se comprimen de nuevo inmediatamente y cesa el calentamiento.

De una manera muy distinta procede la *Argynnes*. Esta mariposa requiere que su cuerpo tenga 32.5-35.5 grados de calor. En el tiempo de sol la mariposa mantiene esta temperatura con bastante precisión, independientemente de la temperatura del aire. La superficie principal, sensible al calor, son las alas. El mayor calentamiento se produce cuando las alas están desplegadas y en dirección perpendicular a los rayos solares. Cuanto menos sea el ángulo de irradiación, tanto menor será el calentamiento. La termorregulación de la mariposa se efectúa gracias al cambio de la posición de sus alas. Mientras la temperatura del cuerpo sea baja, la posición de las alas se mantendrá de tal manera que pueda efectuarse el máximo calentamiento. Una vez que la temperatura del cuerpo alcance 35 grados, la mariposa comienza a mover las alas y continuará moviéndolas hasta que encuentre una posición, mediante la cual cesa el calentamiento.

Este principio lo aplican también las termitas cuando construyen sus viviendas. Generalmente causa admiración el porqué estos insectos, que viven en la tierra y que llevan un modo de vida reservado, construyen nidos tan notables. Resulta que la tierra no les da suficiente calor. Algunas termitas que habitan en países muy cálidos, construyen termiteros muy altos, pero planos, puestos de canto hacia el sur. A mediodía, cuando el sol calienta mucho, los rayos resbalan por las construcciones y no puede haber, recalentamiento; en cambio, durante lo restante del día, desde que sale el sol hasta que se pone, los rayos caen en las paredes laterales, calentando el nido.

Los animales homotermos poseen la propiedad de conservar en su cuerpo una temperatura constante, sin recurrir a la ayuda del sol. En el tiempo frío estos elaboran mucho calor y durante el tiempo caluroso despiden lo sobrante al medio ambiente. Es más, los animales de nuestro planeta están peor adaptados a las altas temperaturas que al frío.

Muchos de ellos soportan el frío bastante bien. La diferencia entre la temperatura corporal y la del medio ambiente puede superar los 80 grados, sin embargo, los animales mantienen en sus cuerpos una temperatura constante. Sobre todo, estos animales se encuentran entre los representantes de la fauna ártica. Por ejemplo, la temperatura del cuerpo de la perdiz blanca es de 43 grados; además, esta ave conserva dicha temperatura incluso cuando hace 40 grados de frío.



Para no helarse, los animales homotermos disponen de muchas adaptaciones. Cuando baja la temperatura del aire, comienzan a funcionar mecanismos que intensifican el aislamiento térmico del organismo. En primer término se comprimen los vasos cutáneos, la piel se enfría y así entrega menos calor. El pelo y las plumas empiezan a erizarse, entre las fibras del pelo hay más aire y precisamente aire inmóvil, el cual después del vacío es el mejor aislador térmico. Notemos de paso,



que esta misma costumbre de erizar las plumas se conservó también en el hombre. Cuando tenemos frío, se nos pone la piel como de gallina; los residuos de pelo, el vello, que aún se conserva en nuestro cuerpo, se pone de punta. Pero, lamentablemente por eso no vamos a tener más calor.

Si las medidas tomadas no dieran resultado y no cesara el enfriamiento, entonces aparece el temblor. Esto no es tan inútil, como podría parecernos. Las

contracciones musculares van acompañadas del desprendimiento de una buena cantidad de calor, por eso con la aparición del temblor aumenta considerablemente la producción de calor.

Sólo pueden temblar los animales homotermos; en cambio son muchos los que para aumentar la producción de calor recurren al trabajo de los músculos. He aquí uno de los ejemplos. Como se sabe, los reptiles no se interesan mucho por el destino de la prole. Aunque hay algunas excepciones. Acerca de una de éstas se enteraron los científicos hace ya mucho. Las hembras de determinadas especies de pitones grandes no abandonan sus huevos después de ponerlos, sino que enrollándose en forma de anillos alrededor de éstos, montan guardia hasta que aparezcan las crías. Naturalmente, son pocos los que se atreven atacar a un guardián como ese, pues la clueca es bastante peligrosa. Pero resulta que la cosa no consiste en esto, ni mucho menos.

La hembra del pitón protege a los huevos no tanto de los enemigos como del frío. Tal acontecimiento podría parecer inverosímil, pues todos saben que las serpientes son animales de sangre fría. Sin embargo, semejante imaginación no es del todo justa. Si la serpiente "corre", quiere decir que puede calentarse un poco. Cuando la temperatura del aire es bastante alta, el pitón permanece inmóvil, pero tan pronto refresque un poco, le comienza a trabajar la musculatura transversal (en un momento dado el cuerpo de la serpiente se hace o más delgado o más grueso). El pitón trabaja a más no poder (no obstante tener mucha fuerza), hasta calentarse él mismo y los huevos. He aquí qué cluecas tan sorprendentes se encuentran a veces. Este mismo procedimiento utilizan los insectos. Mientras que no se calienten, son incapaces de emprender el vuelo. La mariposa vanesa en este caso empieza a agitar las alas e, incluso, cuando hace fresco y la temperatura no llega a 10 grados, se las ingenia para que al cabo de unos minutos pueda calentarse hasta los 35 grados; durante el vuelo su temperatura ya alcanza 37 grados, que es una temperatura similar a la de los animales homotermos.

Cuando los músculos trabajan activamente se desprende una cantidad considerable de energía, pero a veces para los animales de sangre caliente el temblor es insuficiente y entonces empieza a elevarse el metabolismo y, por consiguiente, aumenta bruscamente la producción térmica química.

Los animales de sangre fría también pueden elevar en ciertos casos su metabolismo. No obstante, esto transcurre de una forma mucho más simple. Comienzan intensamente a alimentarse, "queman" más comida de lo normal y así es como producen más calor. El ejemplo más asombroso es el de las abejas. Cada abeja por separado, igual que cualquier otro insecto, no puede mantener la temperatura de su cuerpo. Pero la familia de abejas, como organismo íntegro independiente, es homotermo. Las abejas, a diferencia de los demás insectos, en invierno no duermen. Abandonadas en sus pequeñas casitas, a la suerte de las borrascas de viento y, nieve, en invierno, con 30 grados bajo cero, ellas continúan su vida activa, manteniendo la temperatura en su "Club de Invierno" hasta 35 grados sobre cero.

El "club " se organiza con la llegada de los fríos invernales. Tan pronto baje la temperatura del aire, las abejas se reúnen alrededor de la reina, que anda por la

colmena, y forman una gran pelota compacta. Aquéllas que se encuentren en el interior, más cerca de la reina, se alimentan intensamente, "quemando" grandes porciones de miel de altas calorías y despidiendo enorme cantidad de calor. Las abejas que forman las capas externas de la pelota se calientan con este calor y, apiñándose en una masa compacta, no dejan que sus hermanas se enfríen. Cuando ya éstas sienten frío, apartan a sus compañeras y penetran dentro, retirando a la capa de abejas que se encuentra debajo de ellas. En semejante movimiento uniforme pasan todo el invierno, comiendo durante este tiempo varios kilogramos de miel.

Sobre todo desprenden mucho calor las larvas de las abejas. Y esto no tiene nada de extraño. Las nodrizas dan de comer a sus tutelados más de 1300 veces al día. No obstante, en el tiempo frío las larvas, que están dispersas por distintas celdas, no están en condiciones de calentarse a sí mismas y para que el criadero no perezca (para que puedan sobrevivir debe haber en el nido 35 grados sobre cero), las abejas obreras se reúnen en capas compactas alrededor de las celdas y con sus propios cuerpos preservan a las larvas del frío. Si esto no fuera suficiente, entonces, agrupándose muy apretadamente, comienzan a cambiarse de pata, a mover las alas y a temblar, procurando elevar la temperatura de sus cuerpos y salvar a las crías.

Las abejas sólo mantienen una temperatura constante en el centro de la colmena, donde crece y se desarrolla su futura generación. En la periferia puede haber menos calor, pero esto no significa nada. Los animales homotermos también mantienen una temperatura constante sólo en la profundidad del organismo. La temperatura de la piel y sobre todo la de las extremidades, puede ser mucho más baja. En las aletas de la ballena y de la foca, así como en las extremidades de la cabra montesa y del reno, la temperatura puede ser inferior a 10 grados bajo cero. Es interesante señalar que incluso con una temperatura tan baja no se reduce la capacidad laboral de los músculos de estos animales.

Probablemente, la propiedad de soportar el enfriamiento parcial del cuerpo, sin causar perjuicio alguno a la salud, se logra mediante el entrenamiento. Los nortños, incluso en la temporada de grandes fríos, no protegen la piel de la cara. Los aborígenes australianos soportan fácilmente el enfriamiento de los pies hasta 12-15 grados. En las noches frías esta gente, por lo general, duerme a la

intemperie, junto a una pequeña hoguera, sin taparse, calentándose sólo una parte del cuerpo y quedándose fría la otra parte y las extremidades. Nosotros, los europeos, no podríamos dormir así. Por lo común, nos despertamos al sentir el menor descenso de la temperatura en los pies.

Para los animales acuáticos el enfriamiento de las extremidades tiene gran importancia. El cuerpo de la ballena o de la foca está envuelto con una capa gruesa de grasa, donde los vasos sanguíneos están muy poco desarrollados. Estos animales, que por lo común viven en aguas muy frías, casi no despiden calor a través de la grasa. Otra cosa totalmente distinta son las aletas. Aunque no están protegidas con grasa, aquí el sistema sanguíneo es muy desarrollado, pues los músculos necesitan un aflujo considerable de sangre. Al ingresar en las extremidades, la sangre caliente, a través de estas aberturas naturales, despiden gran cantidad de calor. Los pinnípedos no podrían vivir si no fuese por la adaptación tan magnífica que poseen.

Las arterias grandes, por las cuales corre la sangre caliente hacia las aletas de las ballenas y las focas, están entrelazadas en una red espesa de venas pequeñas por las cuales la sangre enfriada en la periferia regresa al corazón. Gracias a eso, la sangre arterial, antes de penetrar en los músculos, cede la mayor parte de su calor a la sangre venosa, y en lo posterior casi no se enfría, mientras que la sangre venosa calentada regresa al cauce común y no enfría al organismo. El magnífico termopermutador, construido por la propia naturaleza, permite a la sangre, que va a la periferia del cuerpo, dejar todo el calor sobrante en el umbral de la barrera de grasa. Una adaptación análoga posee el pingüino en las axilas, adaptación que obstaculiza la fuga de calor a través de las aletas.

Otra abertura en el cuerpo de los animales homotermos, a través de la cual penetra el frío en el organismo, son los pulmones. Aquí el aire frío se pone en contacto directo con la sangre. La superficie interna de los pulmones es muy grande (en un hombre de tamaño mediano es, aproximadamente, 90 metros cuadrados, o sea 50 veces más grande que toda la superficie de la piel), y se podría esperar que la sangre en los pulmones estuviese muy fría, siendo su temperatura inferior a la temperatura del cuerpo, lo que, a su vez, provocaría inevitablemente el enfriamiento de todo el organismo. Sin embargo, esto no sucede. Cuando la

temperatura del medio ambiente es alta, la temperatura de la sangre, que refluye de los pulmones es más baja que la afluyente, en cambio cuando hace frío, ocurre lo contrario, es más alta. Verdad es que las variaciones son muy insignificantes, no más de 0.03 grados, pero es lo suficiente para que en invierno y en verano pueda mantenerse una temperatura constante del cuerpo.

¿Por qué la sangre que refluye de los pulmones resulta estar más fría cuando hace calor? Esto es comprensible: el calor se consume en la evaporación. Hace relativamente poco tiempo se supo cómo procedía el calentamiento en la temporada de frío. Ya hace mucho se sabe que el aire, al pasar por las vías respiratorias, en las fosas nasales, la laringe, la tráquea y los bronquios se calienta parcialmente y se mezcla con el aire caliente que hay allí, gracias a lo cual se suaviza considerablemente la diferencia de temperaturas. Y de todos modos, el aire que en invierno entra en los pulmones sigue siendo mucho más frío que la sangre y debe enfriarla. El calentamiento, que en realidad se observa, se debe a que los pulmones del hombre y de los animales homotermos desempeñan el papel de producción térmica, siendo una de las fuentes principales de calor en el organismo. En los tejidos pulmonares hay grasas de altas calorías. En el tiempo frío (¡solamente en el tiempo frío!) éstas se "queman", desprendiendo mucho calor y creando una barrera térmica, que impide el enfriamiento del organismo. De esa forma, también dicha abertura del organismo está bien protegida.

El hombre se resfría al evaporar el agua de los pulmones y de la piel. A muchos animales les es muy difícil enfriarse. Los roedores no poseen glándulas sudoríparas. Cuando hace calor estos animales empiezan a respirar con mayor frecuencia, evaporando más y más agua de los pulmones. De una manera análoga se refrescan también los perros y las vacas.

Si la aceleración de la respiración no salva a los roedores del recalentamiento, entonces comienzan a humectar su piel con saliva. Así proceden también la zarigüeya y los marsupiales australianos, habitantes de los desiertos tórridos.

Las abejas utilizan la evaporación y la ventilación. Cuando la temperatura en la colmena se eleva demasiado, unas abejas rocían las celdas con agua, mientras que otras, formadas en hileras junto a la piquera, agitan las alas, formando un huracán dentro de su casa y acelerando la evaporación.

A los animales marinos no les es tan fácil refrescarse. Pese a que el agua es 20 - 27 veces mejor conductora que el aire, pero como el cuerpo de la ballena y de la foca están revestidos con una gruesa manta de grasa, prácticamente por eso no se enfría. Si no fuera por las adaptaciones especiales, la ballena, por lo visto, podría hervirse, pues moviéndose a la velocidad de 36 kilómetros por hora, en su cuerpo se produce tanto calor que la temperatura ascendería un grado cada 5 minutos. No obstante, la ballena y la foca se refrescan gracias al plexo vascular de la piel. Mientras que la ballena sienta frío, las arterias que pasan a la piel a través de la capa de grasa se contraen y el plexo se vacía. Durante el movimiento la temperatura del cuerpo se eleva, entonces la sangre caliente pasa a la piel para refrescarse. Existe también un segundo mecanismo.



El trabajo intenso de los músculos siempre ocasiona la elevación de la tensión sanguínea. En este caso las arterias, que van a las aletas se ensanchan, apretando fuertemente a las venas que las envuelven. La sangre de las aletas comienza a refluir por las venas que antes no funcionaban y de este modo el trabajo del termopermutador se altera y el calor, a través de las aletas, pasa al agua circundante.

La ballena posee también otro método más para bajar la temperatura corporal. Cuando tiene calor, empieza a refrescar la cavidad oral y la nasal con agua fría, soltando la caliente en forma de potentes fuentes. Si de todos modos la enérgica resistencia del organismo no diera el efecto necesario y continuará elevándose la temperatura corporal, entonces podría sobrevenir el shock, cuyo surgimiento es consecuencia del deterioro térmico cerebral. Es interesante señalar que, al efectuarse un calentamiento del exterior, la temperatura tolerable resulta ser mucho más baja que durante la elevación de la temperatura endógena (la cual surge a consecuencia de los propios procesos de la actividad vital). El hombre puede hasta

perder el conocimiento en los casos cuando por influencia de los rayos solares o del aire caliente su temperatura se eleva hasta 38.6 grados, mientras que realizando trabajos intensos, ésta, sin afección nociva alguna, puede alcanzar los 40 grados, y en los casos de fiebre, provocada por microorganismos patógenos, puede llegar incluso hasta los 42 grados.

Por lo visto, no siempre es conveniente tener una temperatura corporal constante. En todo caso, los pobladores de los desiertos, o sea, de las regiones con clima continental, donde hay cambios bruscos entre las temperaturas diurnas y nocturnas, se apartaron de la homotermocidad ortodoxa.

"La nave del desierto" - el camello -, animal homotermo que mejor se ha adaptado a la vida en las arenas, sin perjudicar al organismo soporta las oscilaciones diarias de la temperatura de su cuerpo, que puede alcanzar 5.5 grados. De noche, cuando en el desierto hace frío, su temperatura desciende hasta 35 grados. Eso le es conveniente, puesto que así no consume recursos energéticos para elevarla más. De día le sube hasta 40.5 grados. Pero el camello no pretende reducirla. En cambio, si el aire está uno o medio grado más fresco (y esto ocurre casi siempre), el animal con facilidad puede despedir el exceso de calor que se produjo durante el trabajo.

Para mantener con precisión la temperatura del cuerpo y evitar cualquier desgracia, es menester tener aparatos especiales. Los organismos primitivos, que no poseen aún termómetros, con frecuencia padecen de accidentes.

Los microorganismos termófilos, que viven en los montones de turba, no saben observar las reglas de seguridad contra incendios. A veces desprenden demasiado calor y se calienta tanto la turba, que se produce la autoinflamación. Sus cofrades, quienes se instalaron en las húmedas bodegas de los buques (entre los bultos de algodón, lino o cáñamo), son tan cándidos, como los termófilos de la turba. Cuando éstos se reproducen enormemente pueden surgir incendios en el buque.

El centro térmico del cerebro y los termorreceptores de la piel de los animales homotermos controlan atentamente la temperatura de la sangre (y por lo tanto, también la temperatura corporal). La naturaleza rara vez abandona a medio camino los hallazgos curiosos. En algunos animales la recepción térmica ha obtenido tal desarrollo, que ha llegado a ser la principal adaptación, mediante la cual se obtienen los productos alimenticios.

Los que utilizan virtuosamente la termorrecepción son, sobre todo, los animales de sangre fría. A ellos les es más fácil que a los animales homotermos, a quienes la alta temperatura del cuerpo enmascara y estorba la captación de las débiles influencias térmicas que llegan de lejos. Hay muchos animales que poseen termorreceptores sensibles, como por ejemplo, la abeja, el mosquito, la chinche, el grillo, la garrapata e, incluso, la víbora, la boa, la serpiente de cascabel y otros reptiles. En los insectos es más frecuente que estén situados en las antenas para percibir las señales de temperatura que vienen de lejos, o en las patas, para determinar la temperatura del suelo. Gracias a que poseen dos antenas, los insectos pueden definir con gran precisión la fuente térmica. Una vez recibida la señal térmica acerca de la presencia de la víctima, el mosquito estará cambiando la posición del cuerpo hasta conseguir que ambas antenas minúsculas de tres milímetros reciban la misma cantidad de calor.

El guiado al objetivo es muy preciso y sensible. Hoy día los constructores de cohetes-interceptores, de autoguiado a los objetivos térmicos, de cohetes o de motores de aviación, todavía no pueden competir con los insectos en cuanto a la sensibilidad de sus aparatos.

Las chinches de cama, incluso con una sola antena, pueden descubrir fácilmente la fuente térmica. Haciéndola girar hacia distintos lados, la chinche nota sin dificultad alguna que cuando la antena está dirigida, por ejemplo, hacia el lado derecho, se calienta más rápidamente, ya que resulta encontrarse más cerca de la fuente térmica, y con seguridad ella avanza hacia la derecha.

La temperatura de la piel no es, ni mucho menos, la misma en todos los hombres. Por eso unos individuos atraen más que otros a los insectos chupasangres. Aquél que haya tenido la ocasión de pasear en las tardes tibias cerca de los estanques, cuando verdaderas nubes de vampiros voraces no dejan dar un paso, probablemente le causará admiración ver a los fanáticos de la pesca con qué tenacidad están dispuestos a pasar toda la noche junto a la orilla.

Pero la cosa no sólo consiste en la tenacidad. La piel del hombre acalorada por la caminata y la intensa lucha contra los mosquitos, está bastante más caliente que la piel del que está tranquilamente sentado en la orilla, lo cual hace que atraiga mucho



menos a estos insectos. Por eso ellos "acribillan" menos al pescador que al paseante.

Los reptiles tienen órganos pares para percibir el calor; éstos están situados en el morro, un poco más abajo de los ojos y, a veces, en el labio inferior. Su estructura no es muy compleja. En la profundidad del hoyo se encuentra una membrana muy fina, de unos 15 micrones de grosor, con numerosas terminales nerviosas; debajo de la membrana hay una cavidad aérea, designada para obstaculizar la pérdida ínfima de cualquier cantidad de calor que sirva para el calentamiento de los tejidos



circundantes. Esta membrana puede captar cambios de temperatura equivalentes a 0.002 grados, que se producen mediante el consumo de unas 0.000 000 005 calorías por segundo.

Gracias a esto la serpiente puede distinguir a una distancia bastante grande los objetos, cuya temperatura se diferencia de las demás cosas circundantes tan sólo en 0.1 grados. Naturalmente, con una sensibilidad tan fina la serpiente puede dirigirse, en

completa oscuridad, hacia cualquier ratón "caliente" o alguna rana medio templada, que se encuentre debajo de un arbusto.

Los órganos termosensibles de los animales homotermos están contruidos de una forma más sencilla. La familia de los Megapodiidae, gallinas basureras de Australia y de Nueva Guinea, crían sus polluelos en incubadoras que representan grandes montones de basura putrefacta, donde se mantiene alta temperatura a cuenta de la putrefacción. Las incubadoras de estas gallinas son atendidas por la parte masculina, por ser, sin duda alguna, seres más competentes en la técnica que las frívolas ponedoras. Tal distribución de las funciones tiene su justificación, ya que el pico del gallo es un magnífico termómetro. Metiéndolo profundamente en la basura, el gallo determina la temperatura. En caso que ésta supere los 33 grados, entonces

tendrá que esparcir un montón para enfriarlo, y por el contrario, si es más baja, habrá que añadir combustible: una nueva porción de basura putrefacta.

La construcción del termómetro no es compleja. El propio pico tiene una temperatura de 33 grados. El gallo sólo debe saber determinar en qué sentido se diferencia la temperatura del montón. Eso ya no representa dificultad alguna e, incluso, está al alcance del hombre.



## Capítulo 5

### EL PÁJARO DE FUEGO

#### **Contenido:**

1. *Igual que en los cuentos*
2. *La solución del misterio*
3. *Faroles vivos*
4. *El pájaro de fuego al servicio del hombre*

#### **1. Igual que en los cuentos**

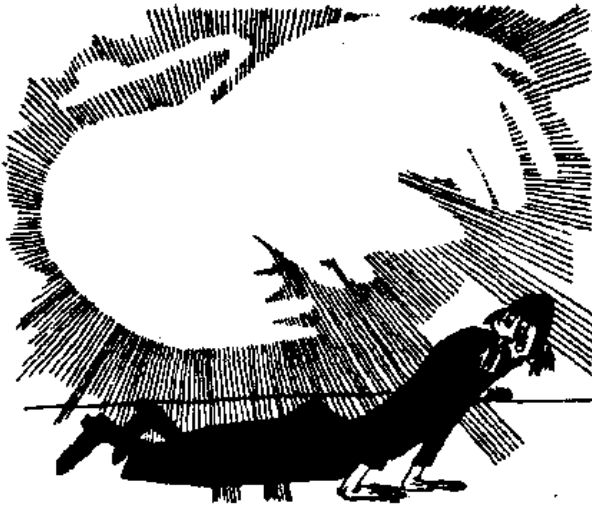
Una vez, en cierta comarca reinaba el zar Berendei. Este tenía un huerto magnífico, donde crecía un manzano con frutos de oro.

Alguien comenzó a visitar el huerto para robar las manzanas de oro. Entonces el zar ordenó a Iván, su hijo menor, que cuidase el huerto. El príncipe permaneció allí hasta muy entrada la noche, pero no descubrió ningún ladrón. De repente el huerto se iluminó con una luz muy reluciente. Y vio el hijo del zar que un pájaro de fuego se posó en el manzano y empezó a coger los frutos de oro. El príncipe lo agarró por la cola, pero el pájaro se escapó, quedando en las manos de Iván sólo una pluma. Y era tanta la luz que desprendía, que el huerto parecía estar lleno de fuego...

He aquí de qué pájaro tan asombroso trata uno de los antiguos cuentos rusos. Es probable que todos conozcan este cuento, pero son pocos los que saben que tanto el príncipe Iván, como el zar Berendei, el Esqueleto Inmortal e, incluso, Elena la Bella, son personajes inventados. El único que es verdadero es el pájaro de fuego, al que podían admirar no sólo los príncipes.

El 9 de septiembre de 1864, Fiodor, sacristán de la Catedral de San Gregorio de la Antigua Ladoga, ciudad situada en la escarpada orilla del Río Voljov, regresaba por la tarde de un bautizo. Hacía calor, el cielo estaba cubierto de nubes bajas. Lloviznaba. El sacristán estaba bastante achispado y sus decrepitas piernas, que hacía tiempo ya le iban fallando y desobedeciendo, se negaban a caminar. Enredándose entre los faldones de la mojada sotana, tropezando y resbalando por la tierra empapada de agua, Fiodor con gran dificultad podía encontrar el sendero.

El ligero golpeteo de la lluvia ahogaba los demás ruidos, sólo allá abajo, junto al agua, tintineaba la campanilla de un caballo trabado y el silencio era interrumpido de vez en cuando por el silbido de las alas de las bandadas de patos que venían del



Voljov. Las aves asustaban a Fiodor. Este se estremecía y persignándose con la mano vacilante; seguía caminando, divisando en la oscuridad el precipicio cercano., De súbito vio que le venía al encuentro, como si fuera' una estrella que caía, un punto reluciente. En un abrir y cerrar de ojos, el punto se convirtió en una mancha luminosa, se distinguió el ruido típico de las alas y todo desapareció. Fiodor se levantó de la hierba mojada, donde se había caído

por la sorpresa recibida, y permaneció durante un rato amenazando con el puño al pájaro que continuaba su vuelo. A la mañana siguiente supieron en la parroquia que el diablo, convertido en pájaro de fuego, había intentado arrojar a Fiodor al precipicio, pero que había sido oprobado y rechazado.

El abad de la Catedral, que no aprobaba las alegres orgías de Fiodor, para protegerlo de las visiones diabólicas, le impuso una penitencial hacer 50 reverencias diarias delante del icono de Nuestra Señora. Pero esto no ayudó en nada. Por el pueblo empezaron a correr rumores de que en la vecindad había aparecido el pájaro de fuego. Cada tarde alguien tropezaba con él. Tan pronto llegaba la oscuridad vespertina y comenzaba el vuelo de los patos, aparecía también un pato luminiscente, que volaba solo, al que estuvieron viendo hasta finales de septiembre. Después desapareció. Por lo visto, había volado para el sur.

Las noticias acerca de los pájaros de fuego llegaban también de otros lugares. Cerca de Arjánguelsk los cazadores pomores vieron e incluso intentaron conseguir dos gansos luminiscentes, pero sin resultado alguno. En las provincias de Yaroslavl y de Simbíorsk, en la RDA, RFA, Francia e Inglaterra, también vieron muchas veces búhos o grandes lechuzas luminiscentes. Pero, tal vez, el caso más curioso sucedió en el

Mar Negro, en las Islas Lebiazhi. Cierta vez un pescador lugareño le contó a un alférez de navío de Sebastopol la historia del cisne fosforescente. Por la noche el alférez, además de presenciar el maravilloso espectáculo, logró matar al extraordinario pájaro. Sólo le resplandecían las plumas. El ave, que luego el alférez trajo a la casa del pescador, iluminaba la habitación con una luz débil, aunque lo suficiente para poder distinguir las letras. La luminiscencia duró toda la noche, pero al día siguiente, cuando las plumas fueron llevadas a Sebastopol, casi habían perdido su propiedad fosforescente.

Estas cosas tan curiosas suceden a veces en el mundo. Y no fue casual que el sacristán Fiodor echara la culpa de todo lo ocurrido al espíritu del mal. No sólo él obraba así en casos semejantes. A finales del pasado siglo ocurrieron historias no menos misteriosas en las islas del Océano Indico, historias que alarmaron a cientos de personas.

Nueva Guinea fue descubierta a principios del siglo XVI, pero sus selvas eran tan intransitables y estaban



habitadas por tribus tan guerreras, que las potencias coloniales europeas durante mucho tiempo no se atrevieron a dominarlas. Sólo después de más de 300 años, los holandeses declararon colonia a la parte occidental de la isla. Para ese tiempo los aborígenes de las regiones ribereñas ya conocían bien a los avasalladores blancos y les oponían gran resistencia. Los guerreros papúas, quienes estaban adaptados magníficamente a la vida en las junglas y que lanzaban flechas envenenadas sin fallar, causaban verdadero espanto a los ocupantes. Su piel oscura, su tatuaje y sus adornos en la nariz y las orejas, daban a los rasgos de sus caras un fiero aspecto; la habilidad que tenían para aparecer tan misteriosamente, así como desaparecer de la misma manera, infundía un pavor supersticioso. No era casual que los holandeses hubiesen bautizado a su colonia con el nombre de "El país del propio diablo".

Allí los ocupantes pasaban grandes apuros. Para protegerse de los papúas, los holandeses se instalaban en lugares poco asequibles. Así es como surgió la ciudad de Babo en una pequeña playa arenosa, separada de la isla por una franja de manglares que tenía 30 kilómetros de ancho, con tremedales y cenagales intransitables. Y con todo, había que custodiar alertamente la ciudad, pues de vez en cuando los papúas realizaban incursiones, bien penetrando a través de los manglares, bien aproximándose por la parte del mar.

En aquella noche inolvidable para los habitantes de Babo, noche de la que hemos de tratar, hacía un tiempo malísimo. Nubes bajas y pesadas habían cubierto todo el cielo. La noche estaba muy oscura; el rugido del viento y el bramido de las olas ahoga han los demás ruidos. En una noche como esa daba miedo estar solo y el centinela, que custodiaba el pueblo por la parte de la playa, se acercaba involuntariamente a las construcciones cercanas para protegerse de las salpicaduras que la marejada lanzaba hasta donde él se encontraba. Escudriñando la tenebrosa oscuridad de la noche, prestaba oído al estruendo de las olas, tratando de discernir algún ruido en la cacofonía de la tormenta, que presagiara el peligro. De repente una luz muy débil, que apenas se distinguía, llamó -la atención del soldado. La luz; que al parecer se acercaba, iba difundiéndose a lo largo de la orilla, igual que una estrecha cinta, se hacía más brillante, comenzó a correr, formando una cadenita de manchas fosforescentes, aproximándose más y más. Por fin, a una distancia de dos o tres metros el guardia vio en la arena una hilera de huellas del pie descalzo de un hombre. Las huellas relucían muchísimo, pero no se sabía de dónde habían surgido. Al cabo de varios segundos estas comenzaban a palidecer y a apagarse.

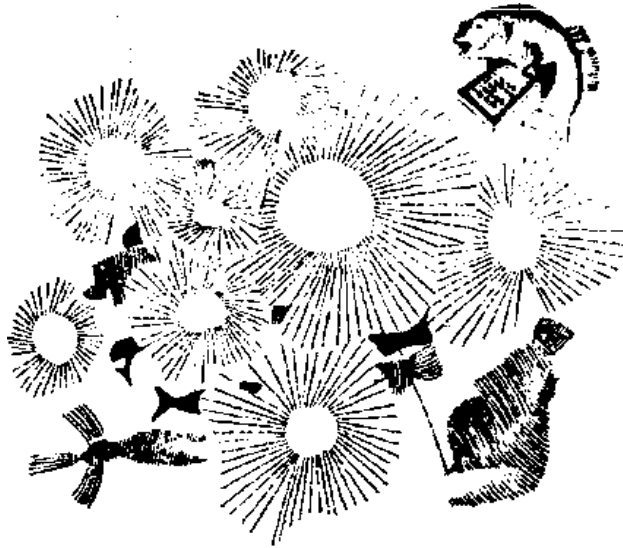
Casi perdiendo el conocimiento del miedo que tenía, el soldado a duras penas resistió hasta su relevo y a la mañana siguiente se supo que de la casa vecina había desaparecido una persona, que salió de noche a la calle.

¿Quién, además del diablo, podría haber dejado huellas ígneas y robado a un hombre? Sólo se sospechaba de éste. Se tomaron informes entre los papúas pacíficos y estos confirmaban que era "¡Soanga!", el "¡Diablo!"

A partir de entonces las huellas ígneas de Soanga aparecían de vez en cuando en Babo. El Diablo escogía las noches oscuras y tempestuosas para hacer sus visitas,

que siempre traían desgracias. Unas veces el mar se llevaba una lancha, otras, se escapaba algún puerco a los manglares.

Por lo visto, Soanga era un diablo marino, pues las huellas sólo aparecían en la playa. La creencia en Satanás fue minada por un caso que le ocurrió a uno de los colonos holandeses. Por la tarde, al oscurecer; cuando éste fue a ver si estaba bien



amarrada la barca, los vecinos, horrorizados, vieron que detrás de él se extendían huellas fosforescentes. Al desgraciado le sospecharon de estar relacionado con el demonio. Corría el peligro de ser linchado, pero la salvación llegó inesperadamente: la propia gente, que había comenzado a perseguirle, también dejaba en la húmeda arena huellas ígneas. Más tarde se supo que solían haber noches, cuando la gente dejaba huellas luminiscentes en la orilla.

-¿Quién era ese misterioso diablo marino y cómo lograba encender la arena mojada? ¿De dónde salieron esos asombrosos seres luminosos que llegaron a ser el prototipo del maravilloso pájaro de fuego? Los científicos tardaron bastante en adivinar este enigma y los supersticiosos colonos holandeses tuvieron que pasar mucho miedo.

## 2. La solución del misterio

Indudablemente, cualquiera que sea el diablo, marino o terrestre, no tiene nada que ver con los pájaros de fuego, ni con las huellas fosforescentes. La luminiscencia está muy difundida en la naturaleza y puede asegurarse que todos han tropezado con ésta. En la oscuridad relucen los pedazos de troncos podridos; a veces, de noche, el mar brilla maravillosamente. Esto se sabía ya en la antigüedad, pero entonces no podían comprender la causa de dicho fenómeno. Más tarde se logró aclarar que no era la propia madera ni el agua lo que relucía, sino los microorganismos que se

instalaban allí. Estos no son los únicos seres de nuestro planeta que poseen la propiedad de relucir, sino que también la tienen los animales y plantas más diversos. En la actualidad en la Tierra se conocen más de 1100 especies de animales, cuya luz atenúa un tanto la oscuridad donde viven.

Existe luminiscencia externa e intracelular. En el primer caso los animales poseen dos tipos de células. Unas contienen grandes cuerpos amarillos de una sustancia especial, la luciferina; otras tienen pequeños gránulos de fermento, la luciferasa. Cuando al animal se le antoja encender sus luces, éste, mediante contracciones musculares, exprime dichas sustancias al espacio intracelular o, incluso, al exterior, donde la luciferina se oxida con la ayuda de la luciferasa, produciéndose la luminiscencia. Esta sólo puede surgir en el agua y solamente cuando hay suficiente cantidad de oxígeno.

Durante la luminiscencia intracelular la luciferina y la luciferasa se encuentran en una misma célula, pero nadie sabe aún con certeza cómo se enciende la luz. Es posible que los animales intensifiquen mucho el ingreso de oxígeno libre en las células.

La luminiscencia de los organismos, por lo general, causa admiración. En efecto, ¿cómo ha podido surgir esa cualidad, que a primera vista parece tan singular en los seres vivos? Muchas generaciones de científicos llegaron a desconcertarse respecto a esta cuestión, que sólo en nuestros días dejó de ser asombrosa.

Las investigaciones que pusieron de manifiesto el origen de la bioluminiscencia se iniciaron hace más de

30 años. V. Lepeshkin y A. G. Gurvich, científicos soviéticos, descubrieron una luminiscencia supe débil en las células vegetales más ordinarias. Esta luminiscencia era tan débil, que en aquel entonces no era posible construir instrumentos para poder captarla y medirla y sólo en los últimos años se logró inventar semejantes aparatos, con cuya ayuda los científicos pudieron determinar que la quimioluminiscencia, o sea, la transformación de la energía química directamente en luminosa, es un fenómeno muy difundido. Son muchas las sustancias que pueden resplandecer por medio de la oxidación, incluyendo algunas grasas. Resulta que los tejidos de las plantas y de los animales relucen constantemente, y sobre todo de manera intensa cuando están funcionando. Por ejemplo, cuando el corazón de la



rana se contrae, la superficie del mismo está emitiendo ininterrumpidamente radiaciones luminosas.

La luminiscencia de los tejidos de los animales se produce, principalmente, a cuenta de la oxidación de las grasas - los lípidos. En el proceso de estas reacciones químicas surgen moléculas excitadas, donde los electrones pasaron a órbitas más altas. Después, cuando los electrones regresan a su nivel anterior, la energía, que en este caso se ha liberado, es utilizada para la construcción de nuevas ligaduras químicas o se expulsa al exterior en forma de fotones. Los procesos que en este caso transcurren son directamente opuestos a la fotosíntesis, donde la luz facilita el paso del electrón a un nivel más alto, y la energía se utiliza para la síntesis de los hidratos de carbono.

Más tarde se descubrió que la bioluminiscencia extra débil no sólo surgía en el organismo al oxidarse casualmente los lípidos, sino también durante las reacciones químicas, necesarias para el sostenimiento de la vida. Y siendo así, resultaba extraño que no existiesen organismos que fueran capaces de desarrollar, perfeccionar y utilizar este fenómeno. En la Tierra se encuentran muchos de estos animales y es lamentable que la luminiscencia de todos los demás seres, incluyendo también al hombre, sea supe débil.

Gran parte de los organismos luminiscentes viven en los mares y océanos. Los más difundidos son los peridíneos - minúsculos organismos flagelados. Son ellos los que originan ese cuadro tan extraordinariamente bello del mar luminiscente. Cuando se encuentran en estado de reposo los peridíneos no relucen. Sólo cuando se inquietan por el movimiento del agua al pasar algún buque, en las crestas de las olas o en la zona de la resaca aparece durante unos instantes una luz muy clara, para apagarse después de haber consumido toda la reserva energética.

Un espectáculo sorprendente se le presentará al nadador nocturno que se arriesga a zambullirse en esos días cuando el mar está plagado de peridíneos.

Cualquier movimiento provoca fuegos artificiales. A través del cristal de la careta de inmersión puede verse cómo se disipan hacia todos lados miles de chispas, haciendo recordar decenas de bengalas encendidas. El espectáculo es tan maravilloso, que una vez visto es digno de recordarlo toda la vida.

Aquellos peridíneos que junto con la espuma de las olas fueron lanzados a la húmeda orilla no perecen, al poco tiempo restablecen su propiedad de resplandecer. En los casos cuando es muy grande la cantidad de esos organismos, entonces resulta que al pasar una persona por la orilla del mar, va dejando tras de sí una hilera de huellas deslumbrantes. Esto no es otra cosa que los dinoflagelados descansados, que responden con una explosión de luz a la excitación provocada por la planta del pie del hombre.

Las huellas ígneas en la costa del océano no sólo se han observado en Nueva Guinea; fueron vistas también en otros lugares, tanto en países tropicales, como en polares. Nordenskjol, eminente naturalista, describe las huellas ígneas que él observó en la nieve mojada por el agua de mar, en la costa de Spitzberg y en las islas de Long. Aquí lo que relucían eran los mismos peridíneos o los cangrejos copópodos - los metridios.

Generalmente, en los animales grandes no se produce luciferina y brillan porque dan abrigo a microorganismos luminiscentes. Gracias a los inquilinos, tanto la cabeza como todo el cuerpo del tiburón brasileño relucen con una intensa luz verde. Semejante confraternidad se llama simbiosis, lo que significa asociación entre organismos, basada en condiciones mutuamente ventajosas. El organismo dueño crea condiciones necesarias para la vida de sus pequeños amigos relucientes y éstos, a su vez, le pagan con un alegre rayo de luz.

Por lo común la simbiosis se produce mediante la asociación de dos especies determinadas de organismos que viven juntos. Pero además de esta alianza permanente, la cual existe desde hace siglos, a veces, en circunstancias favorables, puede surgir la convivencia temporal. Los colonos relucientes casuales, que habitan en las plumas de las aves, son los creadores de los fantásticos pájaros de fuego. En su mayoría son aves acuáticas, que viven en las costas de los mares y océanos. Por lo visto, en sus plumas se instalan microorganismos marinos. El búho y la lechuza, que pasan toda su vida en los huecos de los viejos árboles putrefactos, se contaminan con el reluciente hongo.

### **3. Faroles vivos**

La mayoría de los organismos luminiscentes viven en el océano. Sobre todo hay muchísimos en los lugares profundos, lo cual es comprensible: en las profundidades oceánicas, donde reina la completa oscuridad, sólo despiden luz los seres vivos. En los más pequeños reluce todo el cuerpo; los grandes poseen órganos especiales. En particular, se han perfeccionado los órganos luminiscentes de algunos moluscos cefalópodos y peces de aguas profundas. Es más, también los habitantes de la superficie de los océanos procuran no quedarse atrás. En las costas americanas del Pacífico y el Atlántico suelen encontrarse grupos de alféreces marinos, que son unos peces pequeños de 25-35 centímetros de largo. Por lo general, éstos llaman la atención en el período de reproducción, ya que desovan cerca de la costa, en las desembocaduras de los ríos y en los golfos poco profundos. Después de terminar el desove las hembras se marchan y los machos se quedan para proteger las huevas, hasta que aparecen los alevinos.

Aquel dicho que dice "mudo como un pez" no se refiere a los alféreces, ya que éstos tienen la propiedad de emitir sonidos. El macho, cuando está cuidando las huevas, está dando constantemente zumbidos, espantando, por lo visto, a los enemigos. Es probable que por eso mismo se hayan ganado tanta popularidad.

El nombre de alférez lo recibieron por su singular colorido y por los puntitos relucientes, que están situados en hileras, como si fueran botones brillantes del uniforme de la marina. Los faroles del alférez, que son casi 300, tienen una construcción muy compleja y se parecen a proyectores de luz en miniatura.

El órgano está vestido por fuera con una camisa oscura opaca. Por dentro es brillante y refleja bien la luz - es un reflector. En la parte anterior se encuentra un lente transparente, que concentra el flujo luminoso. Por dentro está provisto de una mucosidad que reluce en la oscuridad. Es poco probable que el alférez utilice sus "faroles" para alumbrar. Se supone que sólo alumbran en el período de celo.

El "calamar comestible" y muchos otros animales utilizan los órganos luminiscentes para alumbrar. Estos suelen ser muy grandes y están situados en la parte delantera del cuerpo; a veces sobre los ojos o en ellos mismos y, por consiguiente, alumbran aquella parte del espacio, hacia donde está dirigida la vista del animal. Con frecuencia tienen una adaptación para apagar la luz: un pliegue cutáneo, que puede cerrar el órgano luminiscente en el momento apropiado.

La luz emitida por los organismos vivos puede ser de distinto color: blanca, verde azulina o encarnada. Es corriente que el animal posea faroles con 3 ó 4 colores. Probablemente, la luz de color tenga una serie de ventajas, ya que muchos de los animales, que no han aprendido a producirla, dejan pasar el flujo de rayos acromáticos a través de las lentes pintadas de sus faroles y con la ayuda de los mismos organizan alegres iluminaciones en colores. La mucosidad luminosa que hay dentro del proyector vivo suele ser, por lo común, una acumulación de microorganismos fosforescentes. Así actúan los seres grandes, quienes dan vivienda a sus pequeños amigos.

No obstante, a veces sucede de otra manera. En casi todos los mares del mundo viven organismos unicelulares flagelados, las noctilucas, de forma esferoidal, con una depresión en la que se halla la boca y junto a ésta un largo tentáculo con rayas transversales y un pequeñísimo flagelo con rayas longitudinales; a veces llega a alcanzar hasta 2 milímetros de diámetro y emite una intensa fosforescencia. En el cuerpo de algunas de ellas, que viven en los mares tropicales, se alojan centenares de otros organismos microscópicos flagelados - las criptomonadas. ¿Qué les obliga a vivir juntos?

El cuerpo de las criptomonadas contiene clorofila. Estos, igual que las plantas verdes, pueden extraer gas carbónico del medio ambiente y de él sintetizar almidón. Pero la síntesis sólo puede transcurrir con la luz. Utilizando la iluminación gratis y la gran cantidad de gas carbónico que se forma en el cuerpo de la noctiluca, esas criptomonadas, que se alojaron allí, pueden sintetizar almidón incluso de noche. Esta confraternidad tampoco causa molestia alguna a las noctilucas. Por el contrario, las criptomonadas les ayudan a liberarse del nocivo gas carbónico y a cambio de ello les abastecen con oxígeno, que se forma durante la síntesis del almidón.

Los abismos marítimos y las espesuras tropicales son los lugares preferidos donde habitan los faroles vivos, pero también en los bosques septentrionales de nuestro país se encienden de noche luces minúsculas.

A mediados del verano es la mejor época para el bosque ruso. La tierra que está al pie de los árboles parece un mar verdoso, formado por diversas hierbas, mientras que en los soleados claros del bosque ya van cogiendo fuerza las fresas tempranas

y rosadas. Al caer la tarde en los rebordes de los caminos y en la espesura del bosque se encienden alegres faroles verdosos. Su luz atribuye al bosque nocturno una belleza misteriosa y singular. Parece como si fueran estrellitas juveniles, que después de hacer sus travesuras en alguna parte del cielo quieren esconderse de sus severos educadores entre las espesas hierbas. Pero no son estrellas y tampoco brasas desparramadas por algún irresponsable.

Al cogerlas en las manos notaremos que están frías. Lo que relumbra es un pequeño insecto, la luciérnaga. Son pocos quienes logran verlas de día. La luciérnaga es un insecto nocturno. De día se oculta en la espesura de la hierba; de noche sale de caza. Es un insecto voraz, se alimenta de caracoles, arañas y otros insectos pequeños.

El macho y la hembra son muy diferentes. La hembra es más grande, tiene 2 ó 3 centímetros de largo, posee una cabeza pequeña, en el tórax están situadas 6 pares de patas y un gran abdomen carnosos. Ella es de color pardo oscuro, excepto la parte inferior de los tres últimos segmentos abdominales, que son blancos y precisamente los que relucen. A través de la membrana quitinosa del abdomen la luz se propaga con gran facilidad; los tegumentos quitinosos ricamente pigmentados, que se encuentran en la parte dorsal del cuerpo, casi no la dejan pasar.

De día la hembra, apretando el abdomen contra la tierra, se hace casi imperceptible. Pero tan pronto en el bosque comience a reinar la oscuridad, sale de su refugio, sube a un tallo alto y queda suspendida con el abdomen hacia abajo, encorvándolo de tal manera, que su parte inferior esté hacia arriba: la luz, debe verse bien desde arriba. El farol sirve para atraer a los machos. La luz de las luciérnagas es bastante intensa y se ve desde lejos. Es tal, que hasta se puede leer al pasar una luciérnaga por encima de la escritura.

El macho de la luciérnaga es mucho más pequeño que la hembra y vuela bien, pero casi no reluce.

La naturaleza ha dotado al bosque ruso con un solo farol vivo, con un insecto fosforescente. En el Cáucaso habita otra especie de luciérnagas, que brillan durante el vuelo. Estas chispas rojizas atribuyen a las noches oscuras meridionales un encanto singular.

La luminiscencia es un fenómeno muy difundido en la naturaleza, pero aunque resulte ridículo decirlo, hasta el momento no sabemos cómo utilizan su luz la mayoría de los organismos vivos. En lo único que estamos completamente seguros es que la fosforescencia de la luciérnaga de los bosques sirve para que el macho pueda hallar a la hembra en el periodo de celo: En los trópicos, donde vive gran variedad de luciérnagas, éstas centellean con cortas llamaradas de luz.

Sería inútil brillar constantemente, porque entonces los machos confundirían a las hembras y podría ocurrir que el género de luciérnagas desapareciera de la faz de la Tierra. Pues el error podría costarle la vida al macho: la hembra, al descubrir que delante de ella se encuentra un admirador "ajeno", indispensablemente podría comerse a tan negligente embrollador.

Para evitar la posible confusión, las luciérnagas elaboraron un complejo sistema de señalización. El macho, que vuela de noche por el bosque, envía llamadas a la oscuridad - fulgores rítmicos de luz. Al ver las señales, la hembra que se encuentre en la tierra o en una rama, comienza a responder, pero cada especie de luciérnagas responde al cabo de un tiempo estrictamente determinado después de haber recibido la señal del macho. Por la magnitud del intervalo que hay entre la llamada y el fulgor de luz de respuesta, el macho determina qué hembra de las que respondieron es "suya" y cuál es "ajena". Si la hembra se equivoca y empieza a enviar más adelantada o retrasadamente de lo debido la respuesta, la consecuencia puede inducir en un error al caballero alado.

No es de extrañar que semejante sistema de señalización no se arraigara universalmente. El sensato género "masculino" no ha deseado depender de sus frívolas damas. Las luciérnagas machos del sudeste de Asia no vuelan por la oscuridad infernal de la noche en busca de sus compañeras. Están posados tranquilamente en las ramas, en algún claro del bosque, todos juntos, aunque por



muchos que sean, envían estricta y simultáneamente a la oscuridad la señal luminosa, mediante lo cual se ilumina el bosque nocturno con destellos rítmicos, como si alguien hubiese instalado en la jungla un enorme transparente, igual a los que aparecen en nuestras ciudades en los días de fiesta. A las hembras sólo les queda encontrar al grupo de caballeros, que están esperándolas con impaciencia, determinar por la frecuencia de los destellos si son los suyos o los ajenos y decidir a cuál de ellos acercarse.

La luminiscencia se utiliza también para defenderse del enemigo. En las profundidades del océano viven calamares y jibias que se salvan de sus enemigos lanzando una nube fosforescente de un líquido, el cual por su forma y dimensiones se parece mucho a ellos mismos. No es nada de extraño que a veces el sanguinario perseguidor sea engañado, lanzándose sobre la imitación luminiscente, mientras que el dueño, sin perder tiempo, se oculta en la oscuridad.

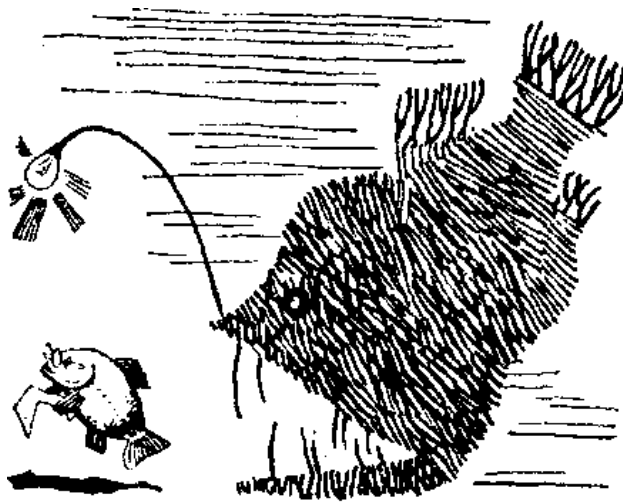
De la misma manera proceden muchos cangrejos marinos pequeños. Los langostinos de aguas profundas tienen cerca de la boca unas glándulas especiales de las cuales, en caso de peligro, sale una nube luminosa. Cuando es perseguida, la bandada de langostinos se aísla inmediatamente del voraz mediante una cortina "ígneas", compuesta de muchísimas manchas relucientes, para poder huir a la desbandada.

Algunos seres sólo se "encienden" cuando se encuentran entre los dientes de algún animal. Esto también representa un medio de defensa: suele suceder que el voraz se asuste o que abra la boca de la impresión causada y entonces la víctima puede escaparse. Sobre todo actúan con astucia ciertos gusanos. Si a éstos se les corta por la mitad, comenzará a brillarles sólo la parte posterior; la delantera no posee semejante propiedad.

Uno de los pioneros en el estudio de las profundidades marinas, William Bib, dice que durante su sumersión a gran profundidad vio tras el cristal de la portilla un gran gusano que brillaba débilmente. Ante los propios ojos del observador este desdichado gusano, que el naturalista no pudo determinar a qué especie pertenecía, fue mordido por la mitad. La parte posterior resplandeció con una luz intensa y fue tragada inmediatamente. El fragmento delantero se comportó de una manera distinta: al momento apagó las luces, desapareciendo en la oscuridad. En la mayoría

de los gusanos está muy desarrollada la propiedad de regenerar las partes perdidas del cuerpo y, por lo visto, a este gusano también muy pronto le crecerá nuevamente el rabo. Probablemente, la luminiscencia, igual que las sacudidas convulsivas del rabo arrancado de una lagartija, sólo sirve para distraer la atención del agresor, para poder salvar lo principal, sacrificando lo menos valioso.

No está excluido de que haya también otros métodos de utilizar la luz viva para salvarse del enemigo. Es posible que exista la señalización lumínica. Pues el vivo centelleo -que hace el minúsculo cangrejo, al ser atrapado por una sardina, no es



más que una señal de peligro. La aglomeración de cangrejos alarmados por el ataque de los peces reluce intensamente, avisando a sus compañeros de que aquí se corre peligro. Es posible que el centelleo, que producen las pequeñísimas noctilucas en las crestas de las olas, sirva de señal para los demás de que es menester descender a la profundidad. Por ahora sólo hay suposiciones. Es difícil decir hasta qué punto esto es

cierto. Todavía se desconoce si la fosforescencia presta alguna utilidad a la propia noctiluca.

La inmensa mayoría de los organismos luminiscentes vive en completa oscuridad. Podría parecer que la luz de los reflectores vivos les sirviese, en primer lugar, para iluminar el camino. Pero, observándolos con atención, se convence uno de que gran parte de sus órganos luminiscentes sirven, en el mejor de los casos, sólo para encontrarse uno al otro y reconocer a sus parientes por el color y el dibujo de las manchas fosforescentes, así como para atraer a la presa.

En los ojos del enorme, aunque muy lento, tiburón polar viven minúsculos cangrejos luminiscentes. Su luz atrae a la presa, permitiendo al tiburón pasar la mayor parte del tiempo acostado en el fondo del mar, esperando a que algún pez demasiado curioso o alguna foca se le acerquen a una distancia suficientemente corta. Los



melanocetos o peces pescadores de aguas profundas poseen un dispositivo muy interesante. Uno de los rayos de la aleta dorsal es muy largo y no está dirigido hacia atrás, como los demás, sino hacia delante. Sobre la misma boca del monstruo cuelga de esta original caña de pescar el cebo, que es una hinchazón periforme, pintada de un color muy vivo y que en muchos relumbra. No es menester recordar que los habitantes submarinos, al interesarse imprudentemente por dicho cebo, caen al instante en los dientes de este pez astuto.

#### **4. El pájaro de fuego al servicio del hombre**

Al enterarse el zar Berendei de la existencia del pájaro de fuego, deseó poseerlo para tenerlo en su casa. La luz viva ya se utilizaba desde tiempos remotos para uso personal.

En los bosques tropicales del Brasil crecen hongos, en los cuales reluce la parte inferior del sombrerete. Los aborígenes hace mucho tiempo que están utilizándolos en vez de linterna de bolsillo. Aunque la luz no sea muy intensa, no obstante es lo suficiente como para no tropezar en los senderos del bosque.

Los cangrejos fosforescentes marinos se utilizaban durante la guerra en el ejército japonés. Cada oficial llevaba consigo una cajita con cangrejos. Estos animales, cuando están secos, no iluminan, pero tan pronto se mojen con agua, ya está listo el farol. En cualquiera que sea el lugar donde se encuentren los soldados: bien en un submarino, que emergió silenciosamente aprovechando la calma de la noche serena, bien en las espesuras de las junglas tropicales o bien en las ilimitadas llanuras esteparias, siempre podía surgir la necesidad de encender la luz con el fin de examinar el mapa o de escribir un parte. En vista de que eso no se podía hacer porque de noche el resplandor de la luz de la linterna o incluso el de una cerilla encendida podía divisarse a bastante distancia, entonces resultaba muy cómodo utilizar para estos fines la débil fosforescencia que emitían los cangrejos marinos, ya que no se distinguía estando a unos pasos de ésta y, además, esto no infringía en absoluto el enmascaramiento.

Los organismos luminiscentes también pueden utilizarse para alumbrar las casas. Con este fin se han inventado las lámparas bacterianas especiales, cuya

construcción no es muy complicada: un matraz de cristal con agua de mar, donde hay una suspensión de microorganismos.

La luz que emite una bacteria es insignificante. Por lo tanto, para que la lámpara de luz equivalente a una bujía, en el matraz tiene que haber no menos de 500 000 000 000 000 microorganismos. Gracias a que estos seres son muy pequeños, se pueden construir lámparas bastante brillantes. Con lámparas análogas, en 1935 se alumbró la gran sala donde se celebraba el Congreso Internacional, organizado por el Instituto Oceanográfico de París.

¿Utilizará el hombre los organismos fosforescentes en el siglo de energía atómica y de la construcción de gigantes centrales eléctricas? Es probable. En los últimos tiempos se ha emprendido una intensa colonización de las profundidades del mar. En su fondo se han construido las primeras casas donde la gente puede vivir y trabajar durante bastante tiempo. Es muy seductora la idea de utilizar en los caminos marítimos el alumbrado natural -la luz de los organismos marinos. Esa idea es apoyada por algunos científicos.

Más interesante aún es obtener, en condiciones artificiales, la transformación directa de la energía química en lumínica. Las lámparas que funcionen a base de este principio serán mucho más económicas y beneficiosas que las lámparas incandescentes, pues la energía consumida durante la bioluminiscencia se transforma totalmente en luz, mientras que en las lámparas incandescentes sólo se convierte en luz el 12 por ciento de la energía consumida. Además, y esto es de suma importancia, no es necesario hacer tendido de cables eléctricos para ellas. La realización de esta idea es totalmente real, ya que un siglo como éste, cuando la química está desarrollándose tan rápidamente, sin duda alguna nos traerá descubrimientos mucho más asombrosos aún.

## Capítulo 6

### ELECTRICIDAD VIVA

#### **Contenido:**

1. *Un poco de historia*
2. *El conductor metálico y el nervio*
3. *Una central eléctrica debajo del agua*
4. *Localizadores y oscilógrafos*

#### **1. Un poco de historia**

En el siglo de las gigantes centrales eléctricas, cuando el planeta se ha cubierto de una espesa telaraña de líneas de alta tensión, en cierta medida nos hemos olvidado de que la electricidad entró en nuestra vida gracias a los animales. Ya hace 4500 años que los egipcios antiguos conocían los fenómenos eléctricos. Eso lo testimonia el monumento sepulcral de Sokkaro, donde está representado el siluro eléctrico, pez que vive en el curso alto del Nilo.

En Europa conocieron la electricidad 600 años antes de nuestra era, gracias a las observaciones de Thales de Mileto, quien descubrió que al frotar un pedacito de ámbar, éste adquiriría la propiedad de atraer, así como de repeler, distintos objetos pequeños.

Este hecho permaneció durante más de dos mil años sin llamar la atención, hasta que a Guillermo Gilbert se le ocurrió frotar pedacitos de cristal, lacre, azufre y otros cuerpos. En el año 1600 Gilbert descubrió este acontecimiento en su libro titulado "La piedra imán y los cuerpos magnéticos". Notemos de paso, que precisamente él fue quien inventó la palabra "electricidad", que viene de la palabra griega "electrón", la cual significa "ámbar".

El libro de Gilbert despertó cierto interés por este fenómeno; no obstante, eran muy pocos los individuos que se dedicaban al estudio de la electricidad y, además, al principio esto no prometía ninguna ventaja para la humanidad.

No se sabe cuándo hubieran empezado a estudiar seriamente la electricidad, si no hubiese sido por el caso que le ocurrió a la señora Galvani, esposa de un profesor de anatomía de la ciudad de Bolonia. Una vez la señora Galvani fue a la carnicería a comprar un pedazo de carne para la comida. Notemos de paso, no sólo carne de



vaca: el pueblo italiano siempre se ha distinguido por la amplitud de sus puntos de vista, sin que produjeran reparo tales manjares, como las ancas de rana.

Cuentan que precisamente las ancas de rana, colgadas como si fueran racimos en ganchos de cobre, sujetos a los travesaños de hierro, dejaron estupefacta la imaginación de la señora Galvani. Para su gran sorpresa y horror, el anca de rana, al rozar con el hierro,

comenzaba a estremecerse, como si estuviese viva. Afirman que la señora fastidió tantísimo a su esposo, contándole lo mucho que le había asustado ese fenómeno y explicándole que eso se debía a que el carnicero tenía alguna relación con el demonio, que el profesor decidió ir a la carnicería y aclarar qué allí sucedía.

Luis Galvani tenía conocimientos de que hace unos 30 años se habían hecho algunas observaciones, donde se demostró que los músculos de un cadáver humano se contraen al recibir una descarga de la botella de Leiden. Naturalmente, Galvani explicó que los movimientos convulsivos de las ancas de rana, colgadas en la carnicería, se debían a descargas eléctricas atmosféricas. Para tranquilizar a su esposa, el profesor decidió observar las ancas en su casa. El experimento, que se había efectuado en una de las noches de tormenta, dio magníficos resultados: las ancas de rana colgadas en el balcón en un ganchito de cobre, de vez en cuando se contraían, como si estuviesen vivas.

Claro está, ni la tormenta ni el demonio tenían nada que ver con la contracción de los músculos. Por lo visto, al mover el viento a la rana, ésta, a su vez, rozaba la balaustrada de hierro, se formaba un circuito cerrado, compuesto por el hierro y el

cobre, y entonces la corriente eléctrica, que se generaba en el circuito de metales heterogéneos, como es de ocurrir en semejantes casos, producía la contracción muscular. El único que lo pudo comprender fue Alejandro Volta, aunque esto de ninguna manera puede menoscabar los méritos de Galvani.

A éste le entusiasmaron los experimentos con la electricidad, a lo que se dedicó hasta el final de su vida, y en el año 1791 publicó los primeros resultados de sus experimentos. Gracias a sus publicaciones y, posiblemente también, al carácter comunicativo de la señora Galvani, los rumores sensacionales acerca de la posibilidad de "devolver la vida" a un animal muerto por medio de la electricidad se propagaron rápidamente por toda Italia, así como por otros países, cautivando la imaginación de la intelectualidad y dando aliento a las fantasías más audaces.

Las investigaciones ulteriores convencieron totalmente a Galvani de que existía una estrecha relación entre la vida y la electricidad, y de que todas las manifestaciones vitales del organismo dependen de la "fuerza eléctrica".

Esto fue precisamente lo que le impidió tener confianza en la justificación de las suposiciones de Volta. Poniendo en contacto las ranas muertas con objetos de cobre y de hierro, Galvani se convenció de que la electricidad no se cogía de la atmósfera. Pero, ¿dónde surgía entonces: entre el cobre y el hierro, como suponía Volta, o en la propia rana? Galvani no podía creer que este fenómeno, tan estrechamente ligado con la vida, pudiese de por sí solo surgir en los objetos inanimados.

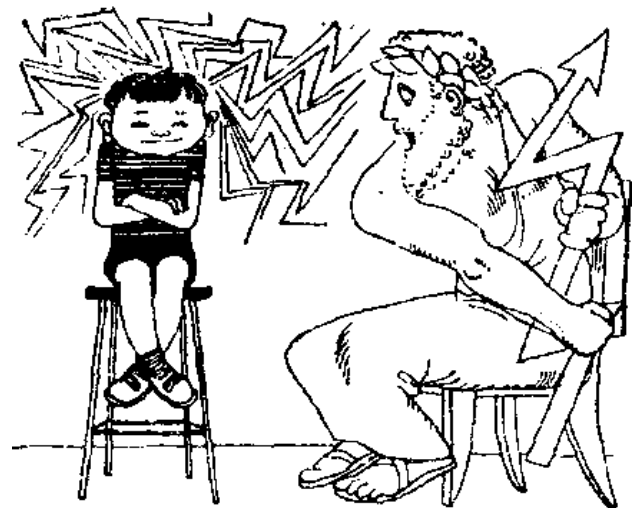
En aquel tiempo los científicos sólo conocían dos fuentes de electricidad: la de fricción y la de los peces eléctricos - las rayas. No obstante, en los metales, incluso durante la fricción, no se lograban manifestaciones de electricidad y Galvani no tenía ni la menor duda de eso. Más tarde el científico logró demostrar que la electricidad podía surgir en el organismo.

El experimento era muy simple. Se cortaba el nervio de un anca de rana, encorvándole luego en forma de arco. El nervio de la segunda anca se separaba junto con el músculo y se colocaba sobre el primero de tal manera, que éste fuera rozado en dos sitios: allí donde había sido hecho el corte y en alguna otra parte que no estuviera dañada. Entonces resultaba que el músculo se contraía en el momento que se producía el contacto de los nervios. Con eso quedaba demostrado que existía la "electricidad animal".

Estos experimentos volvieron a repetirse en decenas de laboratorios. Los realizaban biólogos, físicos, matemáticos y médicos.

La rana suponía un objeto muy conveniente para hacer experimentos biológicos y pronto pasó a manos de los físicos para convertirla en fuente cómoda de corriente e instrumento de medición eléctrica sumamente sensible. No es de extrañar que después de haberse obtenido un instrumento universal como ése, y estando en relación constante con la "electricidad viva", los físicos considerasen precisamente a ese instrumento como el verdadero; en cambio, el surgimiento de la fuerza electromotriz entre los distintos metales más bien lo aceptaban como un fenómeno paradójico. No en vano Volta, después de haber inventado la batería galvánica, la llamó órgano eléctrico artificial.

El desarrollo ulterior de los conocimientos acerca de la electricidad se provocaba no por necesidades de la técnica. De esto era testimonio el siguiente hecho. En 1838 el académico

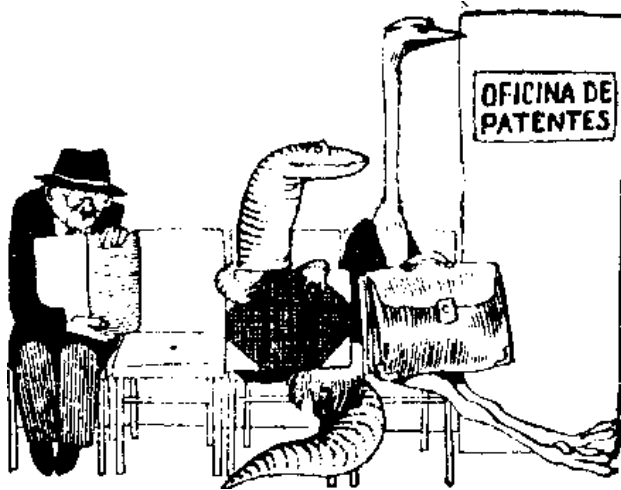


B. S. Yakobi asombraba al público de Petersburgo cuando paseaba por el Neva en una lancha de motor, la cual se ponía en movimiento con la ayuda de un motor eléctrico de un caballo de fuerza, que el propio académico había construido (recordemos que la potencia de la primera máquina de vapor tampoco superaba un caballo de fuerza).

Tuvieron que pasar más de 20 años para que por primera vez se intentase utilizar el motor eléctrico en una empresa industrial.

A partir de entonces el desarrollo de la electrotécnica dejó atrás los muy modestos éxitos electrofisiológicos. Pero con todo, esta rama de la ciencia también se desarrollaba poco a poco. Hace cerca de 100 años se demostró que los fenómenos eléctricos no sólo surgen en los conductores periféricos nerviosos, sino que también eran generados por el propio encéfalo. Aunque en aquellos tiempos todavía no había condiciones para estudiar esos procesos eléctricos tan débiles, esto no podía

detener a los científicos. N. E. Vvedenski, eminente fisiólogo ruso, utilizaba el teléfono en sus investigaciones, lo cual le permitía escuchar las informaciones que se transmitían por los nervios periféricos. Sólo en los años 30 de nuestro siglo fueron construidos los aparatos necesarios y entonces la avalancha de investigaciones electrofisiológicas comenzó a crecer como bola de nieve.



## 2. El conductor metálico y el nervio

La Oficina de Diseños y Proyectos de la Naturaleza trabajó como es debido, creando para nuestro planeta millones de seres vivos, a los que iba modificando y perfeccionando constantemente. Durante este tiempo se hicieron muchos descubrimientos e inventos magníficos. Cualquier principio nuevo, que los científicos propusieron en cuanto a dirección, localización u

orientación en el espacio, resultaba que la naturaleza ya lo estaba utilizando hacía tiempo. Es posible que la naturaleza sólo se haya despistado con respecto a la rueda. La rueda es el único invento propio del hombre.

Por eso, desde tiempos remotos se tiene la costumbre de comparar las ingeniosas creaciones de la naturaleza con las invenciones mucho más simples y comprensibles, realizadas por el genio humano. Tales confrontaciones permiten que los científicos puedan imaginarse de un modo más evidente los diversos y complejísimos fenómenos. Ya es bien conocido que lo más fácil es volver a las andadas.

No es de extrañar que en el siglo pasado, cuando la ciencia que estudiaba el encéfalo, y principalmente su estructura, había alcanzado adelantos considerables; ya en ese entonces notaron la analogía entre el sistema nervioso central y la red telefónica de una gran ciudad. En verdad, existe cierta semejanza. A la central telefónica - el encéfalo - llegan de la periferia, es decir, de todas las partes del cuerpo, a través de los nervios, igual que si fuera por cables, un torrente

ininterrumpido de información. En las profundidades del cerebro se efectúa la selección la clasificación y el envío de la información necesaria a determinadas secciones donde se intercambian impresiones y se examina la información recibida. Después de consultarse durante unos instantes, se toma la decisión y a través de los nervios se transmiten las órdenes a la periferia, a los músculos, a las glándulas y a todos los demás órganos. La semejanza es mayor aún debido a que tanto por los cables telefónicos como por los nervios corre electricidad. De esto ya se había convencido Galvani. A partir de entonces fueron decenas de miles de experimentos los que confirmaron que la excitación de cualquier órgano de los sentidos se codifica en impulsos eléctricos y en ese aspecto llega hasta el encéfalo. Aquí toda la información que circula por sus distintas secciones también se transmite en forma de impulsos eléctricos.

Si a un ingeniero le interesara el funcionamiento de esta red telefónica, lo que más le asombraría es que los impulsos eléctricos se propagan muy lentamente: en el sistema nervioso de los mamíferos a la velocidad de 0.5-100 metros por segundo.

Recordemos que la corriente eléctrica es el movimiento ordenado de los electrones, y aunque los propios electrones se muevan a la velocidad de casi un milímetro por segundo, el campo electromagnético, que incita su movimiento, se propaga casi a la velocidad de la luz. Por eso si en un extremo del cable eléctrico, comprendido entre Moscú y Vladivostok, se conecta la tensión, entonces en el otro extremo, diríamos, en Vladivostok, a la distancia de

10 mil kilómetros, los electrones se pondrán en movimiento al cabo de 1/30 de segundo.

El ingeniero quizá se admiraría aún más, si midiese la resistencia en las distintas fibras nerviosas que componen el tronco nervioso. Esta es grandísima. Un metro de fibra nerviosa tiene la misma resistencia que 16 mil millones de kilómetros de un simple alambre de cobre. Después de reflexionar, el ingeniero haría la conclusión de que en semejante red telefónica sólo sería posible transmitir la información siempre y cuando la línea de transmisión estuviese pertrechada con subcentrales amplificadoras.

Una confirmación similar no está lejos de la realidad. Efectivamente, la excitación no se propaga a cuenta de la energía del receptor o del centro nervioso, sino a cuenta



de la energía producida por el nervio. Las fibras, de las cuales se forman los nervios, son prolongaciones de las células nerviosas. Su diámetro, equivalente a 0.1-10 micrones, es insignificante en comparación con la longitud. En la red nerviosa de los mamíferos se encuentran dos tipos de fibras nerviosas: las finas, que sólo están descubiertas y vestidas con una finísima membrana, la cual no puede verse con el microscopio óptico, y las meduladas, cubiertas con una membrana gruesa de mielina.

La utilidad de la membrana no causa dudas; es el aislador que separa una fibra de la otra, empaquetadas apretadamente en el tronco nervioso. La membrana mielínica impide que la excitación pase, de una fibra a otra y de que surjan a causa de ello confusiones inconcebibles. Lo único que no podían comprender los científicos era el porqué la membrana aisladora superior no era continua, igual que la envoltura de cualquier cable, sino que estaba compuesta de distintos fragmentos, que tenían casi un milímetro, de largo. Entre ellos hay pequeño espacios, llamados: nódulos de Ranvier, donde la fibra nerviosa está desnuda.

La propia membrana de la fibra nerviosa es permeable para unas sustancias e impermeable para otras. A través de ella pueden pasar libremente los cationes de potasio y de hidrógeno, pero es una barrera infranqueable para cationes más grandes, como son, por ejemplo, los de sodio; además, no deja pasar a los aniones (como se sabe, los cationes llevan cargas positivas; los aniones, por el contrario, están cargados negativamente).

Por lo general, la concentración de iones por ambas partes de la membrana no es igual: dentro de la fibra hay 10 veces menos iones de sodio y de cloro que en los líquidos tisulares; en cambio, los iones de potasio son 20 veces más. Por eso los cationes de potasio se precipitan hacia el exterior, creando en la superficie exterior de la fibra nerviosa una carga positiva. Los aniones no pueden proceder como el potasio y, acumulándose en la superficie interna de la fibra, crean aquí una carga negativa. Por eso, en estado de reposo la parte interna de la membrana siempre está cargada negativamente, mientras que la exterior, por el contrario, positivamente. La diferencia de estas cargas, o mejor dicho, el potencial de reposo, es igual a 50-70 milivoltios.

El potencial de reposo se conserva solamente hasta el momento que surja la excitación en la fibra nerviosa. Si algún irritante, que haya caído en la célula nerviosa, en la terminación nerviosa o en alguna otra parte de la fibra nerviosa, provocó excitación en este lugar, de inmediato varía la penetrabilidad de la membrana, aunque sólo sea por poco tiempo. Comenzará a dejar pasar iones de sodio, que pretenderán pasar al interior, gracias a lo cual varía la carga de la membrana de la fibra, convirtiéndose por fuera en electronegativa y por dentro, en electropositiva. Como resultado, dos sectores adyacentes del protoplasma de la fibra, no separados por nada entre sí, tendrán cargas contrarias.

Esta situación no puede mantenerse, entre los sectores vecinos empezará a fluir la corriente eléctrica y a producirse el impulso eléctrico. La corriente eléctrica inducirá la excitación en el sector de la fibra vecina, que antes estaba cargado negativamente, lo cual hace que al instante su membrana sea permeable al sodio, cambiando la carga negativa por la positiva. Tan pronto ocurra esto, entre el sector de la fibra nuevamente excitado, y el siguiente sector, comenzará a correr la corriente eléctrica y así todo volverá a repetirse de nuevo. A causa de la interminable repetición de este proceso se constituye precisamente el paso del impulso nervioso por la fibra.

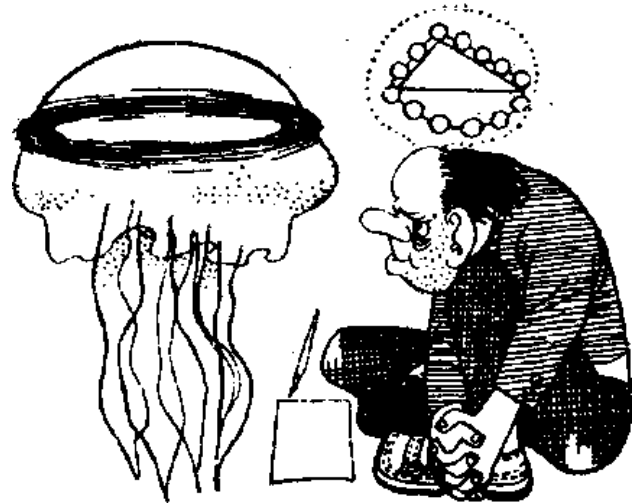
Así es cómo se difunde la excitación en las fibras finas que no están cubiertas con mielina. Allí, donde hay aislamiento miélinico, resulta imposible la aparición de estos breves rizos de corriente, de manera que todo el proceso transcurre solamente en los nódulos de Ranvier (¡he aquí para qué existen!). En las fibras miélicas la excitación se difunde en forma de saltos de un nódulo al otro y por eso se mueve mucho más rápido que en las fibras finas.

De esta manera tenemos que la corriente eléctrica en un conductor metálico no es más que el movimiento regulado de los electrones, que prácticamente surge de repente en toda su extensión, mientras que el impulso nervioso es el movimiento del proceso excitador a lo largo de la fibra nerviosa, acompañado del surgimiento de la corriente eléctrica que provoca, a su vez, la excitación del sector vecino.

Semejante procedimiento de difundir la excitación da explicación a dos interesantes particularidades del impulso nervioso. Primero, el impulso nervioso, al pasar por una fibra larga, no se amortigua en absoluto, permaneciendo constante en magnitud al

principio y al final de su camino. Segundo, todos los impulsos que se transmiten por la fibra son totalmente iguales. Ellos no reflejan las fuerzas o las particularidades del excitador que haya provocado el impulso nervioso, sino que dependen únicamente de las propiedades de la fibra nerviosa por la que se difunden.

Esto se demostró una vez por medio de un experimento muy interesante. En las medusas el anillo nervioso pasa por el borde de la cúpula (por su construcción éste se distingue esencialmente del nervio, pero en caso dado esto no tiene ninguna importancia). El impulso, tanto por el anillo de la medusa, como por el nervio, puede propagarse hacia ambos lados. Al irritarse un sector cualquiera del anillo, los impulsos empiezan a fluir hacia los dos lados y, encontrándose en la parte opuesta de la cúpula, se extinguen mutuamente.



El experimento del que estamos tratando es interesante, ya que los científicos pudieron, provocando la excitación en un determinado sector del anillo, bloquear al sector vecino. Por eso la excitación sólo podía propagarse hacia un lado. Una vez que el impulso nervioso recorrió el anillo, se alzó el bloqueo, y éste pasó sin dificultad a través de este lugar, realizando la segunda, la tercera y la cuarta vuelta. El experimento duró 24 horas, pero el impulso seguía corriendo sin disminuir la velocidad y sin reducirse en magnitud. El experimento podía continuar por más tiempo, hasta que el animal muriese o se agotase totalmente.

### **3. Una central eléctrica debajo del agua**

Desde que los europeos conocieron por primera vez la electricidad, hasta su introducción en la técnica, transcurrieron casi 2500 años. Los médicos empezaron a utilizarla en sus prácticas mucho antes, aunque no tenían la menor idea de lo que era la electricidad. Muchos médicos eminentes del Estado Romano, como era, por

ejemplo, Claudio Galeno, curaban a la gente con electricidad, utilizando las centrales eléctricas vivas de los habitantes de las profundidades marinas - los peces.

En el Mediterráneo y en otros mares del globo terráqueo vive la raya de tamaño bastante grande. Los romanos ya sabían que este pez obtenía los alimentos de una manera muy asombrosa. No perseguía a la presa, ni tampoco la tendía emboscadas. Tranquilamente, sin apresurarse, iba nadando, pero tan pronto se acercase a ella cualquier pez pequeño, centolla o pulpo, algo pasaba con éstos comenzaban a



convulsar y al cabo de un instante ya estaban muertos. La raya recogía su botín y, sin apresurarse, continuaba su marcha.

Los romanos pensaban que este pez sorprendente soltaba en el agua alguna sustancia tóxica al ver la presa. El veneno también actuaba en el hombre a través de la piel, pero no le causaba la muerte. Al rozar con el pez se sentía un golpe que obligaba a retirar involuntariamente la mano. Los

médicos romanos consideraban que el veneno de la raya era un remedio muy bueno. Por eso la pescaban y la mantenían en viveros marinos.

Así pensaban hace dos mil años. Hace relativamente poco este misterio, verdaderamente extraordinario, fue descubierto. El peligroso voraz resultó ser una central eléctrica viva, capaz de provocar descargas de tal fuerza, que los animales pequeños, al encontrarse cerca de él, perecen. Aquello que los romanos atribuían a la acción del veneno, en realidad no era más que electricidad. Más tarde se supo que existían numerosos peces "eléctricos" y que algunos de ellos eran mucho más peligrosos que la raya.

La noticia referente a la extraordinaria central eléctrica llegó hasta los europeos mucho más tarde. Poco después del descubrimiento de las Américas se fueron para allá muchísimos aventureros, crueles y ávidos en cuanto al oro. Ellos fueron

precisamente los que tuvieron la ocasión de comprobar en si la fuerza de las descargas eléctricas de este interesante pez.

Los primeros conquistadores de las Américas - los españoles - crearon un mito acerca de El Dorado, país prodigiosamente rico, que se encontraba en las selvas del continente meridional, y donde las calzadas incluso estaban cubiertas con cantos de oro puro. En busca de este maravilloso país se equipaba un destacamento tras otro.

Uno de los destacamentos, capitaneado por De Sicca logró penetrar en la cuenca alta del Amazonas. El destacamento navegó durante varios meses río arriba, antes de llegar a su nacimiento. El enorme río, uno de los afluentes del Amazonas, se convirtió aquí en un pequeño arroyo. Ya no se podía navegar más y el destacamento continuó la marcha a pie por las selvas.

Las malezas infranqueables y los terribles pantanos le cerraban el paso. El peligro le seguía los pasos: enormes cocodrilos, serpientes venenosas y boas, tribus de indios indispuestos hostilmente, que sabían lo que llevaban consigo los conquistadores blancos, innumerables nubes de mosquitos, que contaminaban a la gente con la fiebre palúdica tropical y otras enfermedades peligrosas. En la continua pared verde de la selva había que abrir cada metro de camino.

Una vez el destacamento salió al borde de un pantano enorme. Era la temporada de la seca y el pantano estaba casi sin agua. Sólo a lo lejos, en el centro, se divisaban charcos de agua, que brillaban bajo los rayos del sol de mediodía. Los europeos respiraron libremente: el camino prometía ser fácil durante unas horas.

Todo iba bien hasta que el destacamento se tropezó con una serie de pequeños charcos, unidos entre si, en el mismo centro del pantano. Los cargadores indios se negaron a entrar en el agua. En sus ojos se reflejaba el horror, pero los europeos no podían comprender lo que ocurría. Los charcos eran tan pequeños, que en éstos no



podían ocultarse cocodrilos ni anacondas. Tampoco podía haber pirayas, que eran la amenaza de los ríos sudamericanos.

Uno de los europeos avanzó para dar ejemplo a los asustados cargadores. En el momento que dio unos pasos, cayó al agua dando un grito inhumano, como si lo hubiesen tronchado de un enorme golpe. Dos compañeros, que acudieron en su ayuda, también aparecieron en el barro al cabo de un segundo, derribados por ese mismo enemigo invisible.

Sólo después de pasar varias horas sus acompañantes se atrevieron a entrar en el agua con precaución y sacar a los desdichados. Los tres quedaron vivos, pero tenían los pies paralizados y por eso el destacamento ya no podía continuar su marcha. Por la tarde el movimiento de los pies comenzó a recuperarse, pero sólo se curaron del todo al cabo de varios días. De Sicca, que era supersticioso como todos los demás conquistadores, decidió regresar.

Así es cómo los europeos se enteraron de que existía una central eléctrica más, que se encontraba en el cuerpo de un pez bastante grande - la anguila eléctrica de agua dulce. Sus dimensiones son considerables: 1.5-2 metros de largo y hasta 15-20 kilogramos de peso.

La anguila eléctrica es un pez nocturno. Sólo caza después que oscurece. Es tan fuerte su sacudida eléctrica que hasta puede aturdir incluso a los animales grandes; los pequeños perecen instantáneamente. Entre los indios sudamericanos es muy conocido el peligroso pez, por eso no se arriesgan a vadear los ríos en los sitios donde éste abunda.

En el idioma de los indios tomanacos la anguila se llama "arima", que significa "despojador del movimiento". Muchas tribus aborígenes consideran que la carne, así como las descargas eléctricas provocadas por la anguila, son curativas. Es posible incluso que en América empezaran a efectuar el tratamiento por medio de electricidad mucho antes que en Europa, pero -es poco probable que pueda establecerse alguna vez la fecha precisa de su surgimiento.

Después de lo dicho al principio del capítulo, es posible que nos parezca extraño de que existiesen peces capaces de producir corrientes eléctricas, si sólo se refiriera a las pequeñas descargas y no a las de tanta magnitud, como las generadas por las

centrales eléctricas submarinas: el siluro africano, la anguila americana y la raya de mar.

¡La tensión de la corriente eléctrica, que desarrollan los siluros, puede alcanzar 400 voltios, y la de las anguilas, 600! (Para comparar recordaremos que la tensión eléctrica en la red habitual de nuestras ciudades y pueblos es de 127-220 voltios.) La potencia de la central eléctrica de la anguila equivale a 1000 vatios. Esta tensión de corriente eléctrica tan alta es necesaria para la anguila ya que el agua dulce es mal conductor de la electricidad. Si la corriente fuera de menor tensión, entonces ella sólo sería peligrosa a distancias muy pequeñas. La tensión creada por la raya de mar es mucho más pequeña y no supera los 60 voltios (el agua de mar es un conductor magnífico), sin embargo, la intensidad de la corriente alcanza 60 amperios. ¡Todas las cifras son enormes!

¿Cómo logró la naturaleza crear sus centrales eléctricas vivas? ¿Qué le sirvió de prototipo?

La corriente más considerable en los animales comunes se produce en los músculos grandes: en el corazón y en la musculatura locomotora. Cuando los peces están nadando, alrededor de los mismos se forma un campo eléctrico. Sobre todo es grande el campo que producen los ciclóstomos (las lampreas y los myxinis), así como también los peces antiguos, primitivos, que no han aprendido aún a economizar energía. Alrededor de la cabeza de una lamprea nadando se pueden registrar impulsos eléctricos, cuya tensión es de varios cientos de microvoltios.

Hubiese sido extraño si la naturaleza no utilizara este fenómeno. Por lo visto, en aquel período cuando en la Tierra aparecieron los peces, la naturaleza se entusiasmó con la electrotécnica. Apenas acababa de hacer el esbozo del encéfalo y de los nervios periféricos (el órgano de mando de comunicaciones con su compleja economía eléctrica) y ya estaba calculando qué otro provecho se podría extraer de la electricidad. Haciendo justicia, las búsquedas no se realizaron en vano. En todo caso, en la vida de los peces la electricidad desempeña las funciones más diversas, que en la de otros animales.

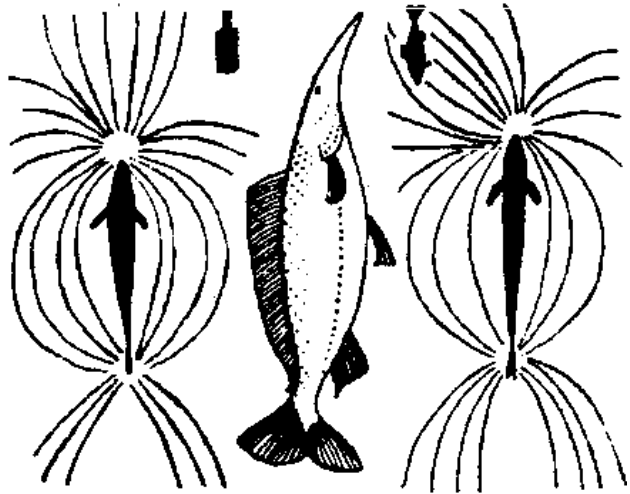
Los llamados peces eléctricos fueron por el camino de crear potentes centrales eléctricas. Como base les sirvieron los músculos y las terminaciones nerviosas,

denominadas placas terminales, que se transformaron en placas del órgano eléctrico.

Los órganos eléctricos son de gran tamaño: su peso compone  $1/4 - 1/3$  parte del peso total que tiene el pez; en la anguila llegan a ser  $4/5$  partes de su longitud y en el siluro cubren todo el cuerpo. El

órgano lo constituye una enorme cantidad de placas que forman columnas. Las placas de las columnas están unidas en serie, mientras que las propias columnas lo están en paralelo.

La contracción de los músculos esqueléticos, que dieron comienzo a los órganos eléctricos, es provocada mediante impulsos nerviosos, los cuales van acompañados de descargas eléctricas. Cuando el impulso llega a las



terminaciones nerviosas de los tejidos musculares, aquí se desprende una sustancia especial, denominada mediador (transportador), que provoca la contracción de las células musculares y que también va acompañada de descargas eléctricas. Al crear el órgano eléctrico, la naturaleza utilizaba las placas terminales y las células musculares modificadas, privándolas de la posibilidad de contraerse, pero se les conservaba la función de generar el impulso eléctrico.

El mecanismo que produce el surgimiento del impulso eléctrico en las placas del órgano eléctrico casi no se diferencia de su generación en el nervio, en la placa terminal o en la fibra muscular. Incluso la magnitud del impulso

- 150 milivoltios - es habitual para las células nerviosas y musculares. No obstante, gracias a que las placas de la anguila están puestas en columnas de 6-10 mil unidades, conectadas en serie, la tensión general puede alcanzar 600 voltios. En la raya las columnas no tienen muchas láminas - no más de 1000; en cambio, tiene casi 200 columnas que están unidas en paralelo. Por eso la tensión de la corriente resulta ser pequeña, pero su intensidad es muy grande.



Para dirigir un órgano tan complejo hubo que crear un puesto de mando especial. Por eso, en los peces eléctricos apareció una sección especial del encéfalo: los lóbulos eléctricos y los núcleos ovalados del bulbo raquídeo. Los núcleos ovalados son el puesto de mando supremo, que toma la decisión de utilizar la terrible arma y que da la orden a los lóbulos eléctricos. Aquí se realiza la labor más complicada en cuanto a la coordinación de la descarga. Pues para que ésta alcance la fuerza máxima, todas las placas deben descargarse estricta y simultáneamente. De esto se ocupan los lóbulos eléctricos.

Para hacer la descarga a un mismo tiempo, todas las láminas deben recibir a la vez la orden correspondiente - el impulso nervioso. Aquí es donde está la dificultad. En la médula espinal de los peces el impulso nervioso se propaga despacio, relativamente: 30 metros por segundo. Por eso las placas situadas en la parte anterior del órgano, cerca de la cabeza, reciben la orden antes que las del otro extremo situado metro y medio más allá.

¿Cómo se las arreglan los peces eléctricos para que las órdenes lleguen simultáneamente? Es posible que se envíen primero las órdenes a la parte posterior del órgano que a la parte delantera, o quizá pueda ser que los peces regulen la velocidad de propagación del impulso nervioso. El carácter de gobierno se altera durante la vida: el pez crece, los órganos eléctricos se hacen más grandes y aparece la necesidad de enviar las órdenes de otra manera.

#### **4. Localizadores y oscilógrafos**

La anguila, la raya y el siluro no son los únicos peces que poseen órganos eléctricos. En la actualidad, se conocen cerca de 300 especies de diferentes peces, capaces de dar pequeñas descargas eléctricas con una tensión de 0.2 a 2 voltios. Al principio los científicos pensaban que estos peces mataban animales muy pequeños. Pero observaciones meticulosas no confirmaron tal suposición. Hasta hace poco se desconocía el motivo para qué les hacían falta estos órganos eléctricos, que producen una corriente eléctrica muy débil.

La perfección del pertrechamiento eléctrico de estos peces no fue por el camino de aumentar la fuerza de las descargas, sino por la vía de intensificar la sensibilidad eléctrica. Se ha notado que muchos de estos peces viven en aguas muy turbias y

que su modo de vida es nocturno, mientras que otros, como es, por ejemplo, el longirrosto del Nilo, buscan constantemente alimentos, metiendo la cabeza en el limo a gran profundidad. En el agua turbia o de noche es muy difícil notar al peligroso voraz. Por eso los peces eléctricos están dotados de una adaptación sorprendente, que les permite descubrir la aproximación del enemigo, incluso encontrándose en plena oscuridad.

A diferencia de los peces que utilizan la electricidad para cazar, el longirrosto del Nilo no sólo posee una central eléctrica, sino también un órgano especial que es muy sensible a la electricidad. La central eléctrica genera 300 descargas por segundo, creando alrededor del pez un débil campo eléctrico de forma muy permanente con líneas de fuerza que se juntan a nivel de la cabeza. Los peces eléctricos, a diferencia de todos los demás, nadan incluso sin encorvar el cuerpo para no perturbar el campo eléctrico que les rodea. Si cerca de ellos aparece un pez grande, entonces se quebranta la homogeneidad del campo eléctrico. El cuerpo del pez es más conductor de electricidad que el agua dulce circundante, por eso las líneas de fuerza se desplazarán hacia el lado del pez que se aproxima. El aparato de sensibilidad eléctrica del longirrosto lo capta al instante, dándole tiempo a huir.

Este localizador tan peculiar no sólo le sirve a los peces para salvarse de los enemigos. Con su ayuda ellos superan fácilmente los obstáculos, igual que lo hace el murciélago por medio de su ecolocalizador. La mayoría de los objetos, con los que pueden tropezar los peces en el agua, son malos conductores de electricidad. Las líneas de fuerza se repelen de estos objetos, lo que permite a los longirrostos diferenciar los cuerpos animados de los inanimados.

La lamprea de mar y la de río hallan su presa con ayuda del localizador eléctrico. En el agua turbia de los estanques es particularmente muy necesario poseer esta virtud. El pez-cuchillo, un ser sorprendente que vive cerca de las costas americanas, en la parte tropical del Océano Atlántico, tiene su localizador en la cola. Por eso las grietas entre las rocas y los pasos entre la vegetación submarina los examina retrocediendo, metiendo la cola en cada agujero. Este método es muy cómodo, permitiéndole así escapar a tiempo, siempre que el enemigo le esté tendiendo una emboscada.

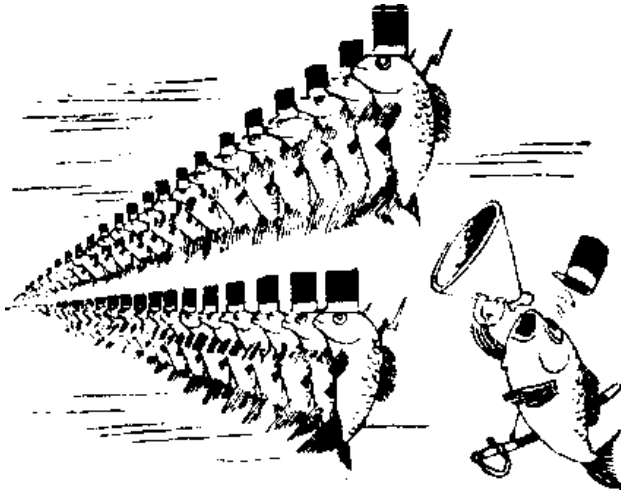
Un pariente muy cercano del longirrostro es el *Gymnarchus niloticus*, que utiliza el radar para cazar, determinando con su ayuda el sitio donde se encuentra la presa. Para que el radar del longirrostro y demás peces pueda satisfacer sus requerimientos; los órganos que perciben la corriente, situados en la piel, deben poseer gran sensibilidad. En efecto, ¡el *Gymnarchus* "nota" los cambios de la intensidad de la corriente eléctrica aunque éstos sean solamente de 0.000 000 000 000 003 amperios! Semejante sensibilidad hace posible que el pez pueda diferenciar perfectamente un albur común del cebo, en cuyo cuerpo los pescadores esconden el diminuto anzuelo de acero. Pueden estar seguros de que el *Gymnarchus* abordará al peligroso cebo.

Muchos peces e, incluso, anfibios, están dotados de una electrosensibilidad elevada. El órgano captador de electricidad en estos animales es la línea lateral, y en las rayas, las ampollas de Lorenzo.

Todas las especies de la raya común, igual que el *Gymnarchus niloticus*, poseen sus centrales eléctricas de poca potencia. Sobre su utilización no se sabe casi nada, en cambio se han acumulado ya bastantes datos referentes a la sensibilidad eléctrica de las rayas. Las ampollas de Lorenzo se conocen desde hace mucho tiempo. Por primera vez fueron mencionadas en 1678 por el científico italiano, cuyo nombre se ha concedido a estas formaciones. El propio Lorenzo opinaba que las ampollas eran glándulas mucosas de las que abundan en la piel de los peces. No obstante, el contenido tan condensado y gelatinoso del canal, así como el contenido menos espeso de la propia ampolla, sugería que éstas estaban predestinadas a desempeñar alguna función especial, pero ni mucho menos, para secretar al exterior sustancias lubricantes. Sin embargo, durante los 250 años posteriores no fue minada la opinión de Lorenzo, posiblemente que ello se debió a que nadie se interesó por esto. Hace sólo 10 años se estableció que las ampollas de Lorenzo poseen una sensibilidad extraordinariamente alta a las tensiones más débiles de cualquier campo eléctrico. La *Raja clavata*, una de las rayas más corrientes, reacciona moviendo los esfiráculos, en respuesta a la acción de un campo eléctrico alterno con un gradiente de 0.1 microvoltios por centímetro, o sea, resulta tres veces más sensible que el *Gymnarchus*. ¡Y esto no es el límite! En la actualidad se ha puesto de manifiesto que la *Raja clavata* es capaz de advertir un campo eléctrico

con un gradiente más pequeño aún: hasta 0.02 – 0.01 microvoltios por centímetro y responder a semejantes acciones mediante la disminución de las contracciones del corazón.

Hoy día se llegó a comprender también la construcción de las ampollas de Lorenzo. Los receptores eléctricos no podían estar situados en el grosor de la piel, puesto que su conductibilidad eléctrica no es muy grande y entonces la sensibilidad a la misma



resultaría muy baja. Tampoco podían salir a la superficie, ya que entonces estarían sometidas a toda clase de influencias ajenas. Lo único que quedaba era esconderlos en la piel, uniéndose a su superficie por medio de un conductor especial. Esta función la desempeña precisamente el canal, el cual está lleno de una substancia que es buena conductora de la electricidad.

Las paredes del canal y la propia ampolla sirven de aislador para el receptor eléctrico, que preserva a la musculatura de la raya de las descargas eléctricas. En el epitelio de la ampolla se encuentran las células receptoras, a donde llegan las fibras nerviosas. La corona de las células que poseen pestañita, se asoma por el lumen de la ampolla. Estas pestañas son el elemento sensible del receptor.

Con la ayuda de su receptor eléctrico, la Raja clavata puede captar los potenciales bioeléctricos que surgen en el cuerpo de otros peces. Esto le facilita a las rayas descubrir en las playas arenosas a los lenguados jovencitos, aunque estén muy bien enmascarados, orientándose sólo y exclusivamente por las descargas eléctricas rítmicas que surgen en la musculatura durante los movimientos respiratorios, y también para atacar a los peces que no sospechan nada.

El oscilógrafo submarino constituye un hallazgo para la parasitología. Todo aquel que haya tenido la oportunidad de observar en el mar la conducta de los peces que

forman bancos, como el tranquino, la caballa y otros, es posible que se quedó admirado al ver la armonía de las maniobras del banco, cuando decenas, centenas y, a veces, miles de peces cambian simultáneamente la dirección de movimiento, como si hubiesen recibido alguna orden. Los científicos desconocen aún quién da esta orden y cómo se transmite. Es posible que los peces utilicen débiles señales eléctricas para "transmitir los pensamientos" a distancia. Pues las corrientes biológicas surgen en todos los músculos y nervios, pero antes aparecen en el encéfalo, que transmite la orden a todos los órganos de trabajo. Estas indicaciones pueden transmitirse también fuera del pez, pues el agua de mar es un magnífico conductor eléctrico.

## Capítulo 7

### SERVICIO DE INFORMACIÓN

#### **Contenido:**

1. *Antena universal*
2. *¿De dónde ha surgido todo esto?*
3. *El tercer ojo*
4. *El mundo maravilloso de la luz*
5. *El susurro del planeta*

#### **1. Antena universal**

A través de los innumerables canales de comunicación está pasando información a nuestro cerebro durante todo el día. En el nervio auditivo hay 30 000 cables-fibras; en el nervio óptico hay más aún, cerca de 900 000. El volumen de información que ingresa solamente por el aparato auditivo equivale a decenas de miles de bit por segundo; la información de la vista alcanza millones de bit. El cerebro debe comprenderla, saber distinguir la principal de la secundaria, separar la innecesaria, pues éste es capaz de asimilar solamente 50 bit por segundo.

Por la mañana, antes de despertarse el cerebro y que pueda dedicarse a esta labor, tiene que poner a punto los dispositivos receptores para asegurar el ingreso ininterrumpido de las informaciones primordiales, cosa que no es tan fácil. El organismo humano y el animal poseen muchísimos y diversos dispositivos receptores, cada uno de los cuales sólo es capaz de percibir de una manera determinada la información codificada.

¿Cuántos canales de comunicación tiene pues el organismo? ¿Cuántas maneras de extraer información este conoce?

Los dispositivos receptores para extraer información, o receptores que en la vida cotidiana suele llamárseles órganos de los sentidos. Estos son muchos, pero los especialistas denominan seis principales: la vista, el oído, el equilibrio, el gusto, el olfato y la sensibilidad cutánea.

Es imposible enumerar los no principales. En la piel se encuentra una gran cantidad de receptores: unos reaccionan al menor roce (aseguran el tacto); otros, cuando la

influencia es más fuerte y su excitación se percibe como dolor. Los terceros sólo reaccionan al frío; los cuartos solamente perciben el calor. Esto apenas representa el comienzo de la lista de los receptores cutáneos, pero en realidad son muchísimos más.

Y cuántos receptores tienen los órganos internos: unos determinan la calidad del alimento que ingiere el estómago; otros, el nivel de la tensión sanguínea; los terceros, la cantidad de gas carbónico diluido en la sangre. Nosotros mismos incluso no sabemos la labor que realizan. Simplemente hasta nuestro conocimiento no llega la información que los receptores de los órganos internos están enviando constantemente al cerebro.

Los científicos ya hace tiempo que se han dedicado al estudio de la construcción y el funcionamiento de los órganos de los sentidos. Estas investigaciones se intensificaron en los últimos años, desde que apareció el microscopio electrónico. Esto es comprensible, pues el aumento mayor que pueda dar un microscopio simple es en

1000-1 500 veces, mientras que en el electrónico el aumento es infinitamente mayor: 20, 40, 60 y 100 mil veces. No es de extrañar que este microscopio electrónico contribuya a que los científicos puedan ver muchas cosas nuevas.

Se ha aclarado una cosa asombrosa: en todos los animales de la Tierra las células receptoras (las que perciben la excitación) de cualquier órgano de los sentidos manifiestan una semejanza en su estructura. Resulta que cada una de ellas posee una fibra móvil o flagelo. En la construcción de los flagelos de distintas células receptoras también hay mucho de común.

Por dentro pasan dos fibrillas (fibras) centrales de soporte, rodeadas de un aro de nueve pares de fibrillas móviles. Sólo en casos muy raros esta fibrilla puede estar modificada.

Las fibrillas juegan para la célula receptora el mismo papel que la antena para el radioreceptor. Así es como las llaman: antenas receptoras. Con su ayuda nosotros percibimos el mundo circundante. Las antenas de las células receptoras del ojo reaccionan a los estímulos de la energía luminosa - los fotones. En el órgano del olfato las antenas perciben la energía molecular de las sustancias olorosas. Las

antenas de las células acústicas reaccionan al sonido, a la energía de la onda acústica.

La sensibilidad de las antenas es asombrosa. Es suficiente la energía de un fotón, la más pequeña porción de luz, para que se excite la célula óptica. Para las antenas de la célula olfatoria es suficiente una molécula de alguna sustancia olorosa. La célula acústica se excita cuando las vibraciones del tímpano apenas alcanzan una amplitud de 0.000 000 000 6 milímetros. Esto significa 10 veces menos que el diámetro del átomo más diminuto, el de hidrógeno.

Las antenas se encuentran toda la vida en movimiento ininterrumpido. Sin esto no se podría percibir la excitación del mundo exterior. Las antenas móviles efectúan la búsqueda activa de los irritantes. La semejanza entre las células receptoras de distintos órganos de los sentidos no es, desde luego, completa. Existen también diferencias notables. En las células ópticas, por ejemplo, se encuentra una sustancia especial, denominada púrpura visual, la cual varía bajo la influencia de la luz. Gracias a esta reacción fotoquímica transcurre la percepción de la luz. Las células receptoras de otros órganos de los sentidos no contienen púrpura. Los científicos no saben aún por medio de qué sustancias perciben estas células a los irritantes.

Es difícil decir por qué hay tanta semejanza en la estructura de las distintas células receptoras. Por lo visto, esta estructura resultó ser muy acertada y por eso la naturaleza, al crear los órganos más variados de los sentidos, utilizó el detalle patrón, estándar.

Pasaron millones de años, el mundo animal de nuestro planeta ha recorrido un camino enorme en su desarrollo: desde los seres unicelulares primitivos, que casi no perciben la excitación del mundo circundante, hasta el hombre contemporáneo con sus numerosos y extraordinarios órganos de los sentidos. Podría parecer que entre el hombre y el infusorio no ha quedado nada común. ¡Nada de eso! Las células receptoras del hombre, las aves, los peces, los insectos, los moluscos y otros animales, son capaces de percibir el mundo circundante y cualquiera de sus excitaciones, mediante cualesquier órganos de los sentidos, con la ayuda de las antenas móviles, muy parecidas por su construcción. Incluso los organismos unicelulares, como es la euglena, utilizan también la misma antena móvil. He aquí



lo que significa una construcción acertada. Esta no sólo ha pasado a través de los siglos y milenios, sino que tampoco le asustan los miles de millones de años. Los organismos vivos de la Tierra llevaron la antena móvil desde el instante del engendramiento de la vida hasta nuestros días.

## **2. ¿De dónde ha surgido todo esto?**

De los seis órganos principales de los sentidos, tres son los más importantes. Para nosotros la pérdida del gusto y más aún, del olfato, transcurre casi imperceptiblemente. Incluso la pérdida del tacto podría aceptarse de alguna manera; en cambio, la pérdida de la vista, del oído o del equilibrio incapacitaría al hombre. Estos órganos de los sentidos son los sistemas principales, mediante los cuales percibimos el mundo exterior. Ellos no coinciden totalmente con los sistemas analizadores fundamentales de los animales. Muchos representantes del reino animal poseen una vista muy débil o están privados del placer de admirar el mundo circundante. Algunos no perciben los sonidos o casi no oyen; no obstante, pueden vivir muy bien sin este órgano.

Sin embargo, el órgano de equilibrio es un sistema analizador importantísimo. Este órgano lo posee casi todo animal multicelular. Incluso los zoólogos hallaron en los seres unicelulares unas formaciones que hacen recordar remotamente al órgano de equilibrio de los animales más desarrollados. Con una adaptación así están dotados los infusorios parasitarios. Estos poseen una vacuola especial, una pequeña burbuja, situada superficialmente, con algunas conexiones cristalinas, que recuerdan bastante a los estatocistos (órganos de equilibrio) de los multicelulares. Si más tarde es confirmado que realmente desempeña esta función, no habrá nada de extraño, pues en nuestro planeta existen muchos lugares que están sumergidos en la profundidad de las tinieblas de la noche; hay rincones donde los sonidos no penetran pero la atracción de la Tierra actúa por doquier, sin poder ocultarse de ésta en ninguna parte.

Se supone que la vida no ha surgido sin la participación de la luz. En todo caso, la fotosensibilidad, que por lo visto ya la poseía el primer ser vivo, condujo rápidamente al surgimiento de órganos especiales de la vista. Incluso los animales unicelulares contemporáneos, los flagelados, perciben la luz. Los ojos de los

unicelulares pueden ser bastante grandes, sobre todo los de los piridíneos, entre los cuales hay muchas que son capaces de fosforecer. Los ojos representan en sí una acumulación de pigmento graso y rojizo fotosensible, situado en la parte delantera del animal, junto a la base del flagelo. En la cavidad del pigmento se encuentra un grano diáfano de almidón, que desempeña las funciones de refracción y enfoque.

De los tres órganos de los sentidos más importantes para el hombre, mencionados anteriormente, dos de ellos son los más antiguos: la vista y el equilibrio. Existe una curiosa cualidad más, la cual asemeja a estos órganos de los sentidos, que en rasgos generales son tan disímiles a los otros. Tanto el órgano de la vista, como el del equilibrio, aunque se crearon y perfeccionaron durante decenas de años y, naturalmente, experimentaron a través de este tiempo muchas modificaciones, de todos modos, por su construcción y particularidades de funcionamiento se diferencian menos que la construcción del analizador auditivo y las particularidades de percepción en distintos animales. Tal diferencia se explica gracias a que la vista y el equilibrio fueron formándose bajo la influencia de un factor único de escala cósmica, que actuaba constantemente: el equilibrio bajo el influjo de la atracción terrestre; la vista bajo el influjo del Sol. Pero en la Tierra no hay, ni existió antes, una fuente única que fuera igual al sonido.

Cuando en el planeta aparecía la vida, aquí todo estaba muy tranquilo y a la mayoría de los animales no les preocupaban tales sonidos, como el estrépito de los truenos o el ruido de las olas al romperse contra las peñas desiertas y sombrías de los mares primitivos. Sólo cuando los propios animales alcanzaron un alto nivel de desarrollo, aprendieron a moverse activamente, comenzaron a peregrinar por el mundo y a comerse unos a los otros, entonces apareció en la Tierra un ruido débil. Surgieron los sonidos de procedencia biológica, originados por los propios animales. Ellos engendraron el analizador auditivo y a continuación la señalización acústica, que adquirió más tarde amplia difusión.

Las numerosas y diversas fuentes de sonido requirieron la creación de la misma diversidad de aparatos perceptores, desde aquéllos que poseen una banda grandísima hasta los capaces de captar sólo una banda muy estrecha de sonidos.

Algunos murciélagos, aunque emiten sonidos y con seguridad pueden oír los de frecuencias muy elevadas, de hasta 300 kilohertzios, así como captar también los

sonidos más bajos. Sus órganos del oído pueden captar 15 octavas. A las mariposas, con las que se alimentan los murciélagos, no les hace falta para nada un diapasón acústico tan grande. Su órgano timpánico, situado en las alas, sólo capta los impulsos ultraacústicos de los murciélagos. Semejante misión tan limitada engendró una construcción muy simple. El órgano timpánico está compuesto de una membrana, bolsas de aire y dos células nerviosas sensitivas. Su misión es percibir el sonido que emite el murciélago y dar la orden para cambiar inmediatamente la dirección del vuelo.

Para el analizador óptico, que sólo se desarrollaba bajo la influencia del Sol, no hubo necesidad de grandes amplitudes. Los ojos de diversos animales son capaces de percibir un flujo luminoso no más ancho que tres octavas. De esa manera resulta que la amplitud de la percepción luminosa es cinco veces menos que la amplitud acústica.

En nuestro planeta casi no existen organismos que sean indiferentes a la luz. Incluso los animales unicelulares, carentes de ojos, diferencian perfectamente la claridad de la oscuridad. El fundamento de la fotosensibilidad consiste en la propiedad de ciertas reacciones químicas de acelerarse bajo la influencia de la luz y, por lo visto, por eso el protoplasma de casi todas las células de los animales multicelulares puede percibir la luz, así que la intervención de los ojos no es obligatoria.

El órgano de la vista tuvo su origen en unas células especiales, fotosensibles, capaces de reaccionar ante la luz más débil, en comparación con las demás células del organismo. Los poseedores de células fotosensibles especiales se conservaron en la Tierra hasta nuestros días. Entre ellos se encuentra la conocida lombriz de la tierra. Este gusano carece de ojos, pero en su piel hay muchas células fotosensibles, con cuya ayuda puede captar con facilidad los cambios insignificantes que suceden en la iluminación. Esto no está al alcance del hombre. Precisamente, de las células nerviosas, dispersas por todo el cuerpo, surgió una especie de ojo en el proceso de la evolución. Al principio eran simplemente unos puntos gruesos, cúmulos de células nerviosas. Este ojo distingue bien la luz de la oscuridad, pero todavía no puede captar de dónde viene ésta.

La historia ulterior del ojo es la siguiente: las células sensibles se hallan casi por completo rodeadas por un pigmento negro que no puede ser atravesado por la luz. Después esos puntitos nerviosos se convierten en hoyuelos o incluso en ampollas - los primeros ojos verdaderos. Esta especie de ojo sólo puede recibir la luz que va en una dirección determinada, por eso le era fácil definir la dirección de los rayos incidentes. Desde esta adaptación visual rudimentaria hasta el ojo de los animales superiores no hay más que un paso. Quedaba proveerse del sistema refringente, dispositivos de acomodación, que varían el grado de refracción de los rayos luminosos, y, por último, de un aparato óculomotor, que permitiera al ojo la búsqueda activa de la información visual.

Entre los invertebrados, los moluscos cefalópodos son los que tienen los ojos más acabados, pues no son peores que el aparato óptico de los vertebrados superiores. Otra rama de los invertebrados, los artrópodos, que alcanzó un alto nivel de desarrollo, se desconoce el porqué no ha progresado en el perfeccionamiento de sus ojos, aunque logró compensarlo adquiriendo gran cantidad de ocelos (pirámides con su base dirigida hacia el exterior y recubiertas con un cristalino quitinoso), que se unifican en varios ojos de construcción compleja, compuestos de cientos e incluso miles de pirámides. Gracias al esfuerzo común de estos ocelos, que generalmente son bastante miopes, los insectos y los crustáceos pueden captar la dimensión y la forma de los objetos.

La historia acerca del ojo de los vertebrados comenzó de otro modo. En la zona ribereña de muchos mares y océanos vive un animal pequeño e interesante - el anfioxo, llamado vulgarmente lancilla, cuya forma, hace recordar a los peces pequeños o a la cuchilla del escalpelo o lanceta, que es como se llamaba antes este instrumento quirúrgico (de aquí surgió su nombre). El órgano visual de este animal es el propio encéfalo. A lo largo del tubo nervioso de la lancilla se dispersan células fotosensibles y como su cuerpo es diáfano, el animal diferencia magníficamente la luz de la oscuridad. Para vivir, a este animal no le hace falta nada más.

Por lo visto, los antepasados de los vertebrados se parecían al anfioxo; sus encéfalos también veían. Cuando sus cuerpos dejaron de ser diáfanos, las bolitas de células nerviosas tuvieron que abandonar el encéfalo y salir fuera. Así es como obran desde entonces los ojos de todos los animales vertebrados: en una etapa

determinada del desarrollo, del embrión se separan dos pedacitos del cerebro para ir transformándose poco a poco en ojos. De esta manera tenemos que nuestros ojos no son otra cosa que el cerebro salido fuera de la órbita.

El desarrollo ulterior de los ojos de los vertebrados fue avanzando por el camino ya trillado: la adquisición del sistema de refracción, los aparatos de acomodación y los músculos motores oculares. Así, complicándose poco a poco, se formaban nuestros ojos, capaces de orientarse en el enredado encaje de la incomprensible escritura humana y de captar los más delicados matices del colorido. Al mismo tiempo que se perfeccionaba el ojo, se complicaba también el cerebro de los animales. Pues el ojo es, sencillamente, un receptor de señales luminosas, como una máquina fotográfica, pero en realidad, quien "ve" es nuestro cerebro. Él es quien confecciona los cuadros complicados de la información recibida a través de millones de células nerviosas de nuestro ojo. Precisamente aquí, en el cerebro, es donde se revelan las fotografías que han sido tomadas por el ojo.

El analizador acústico, es decir, el oído, surgió más tarde, en el transcurso de la evolución de los animales. Por eso sería inútil buscarlo en los invertebrados inferiores. En los vertebrados el órgano del oído aparece, a partir de los peces. En estos animales, del laberinto, que es el órgano de equilibrio, se desprende una pequeña parte, que más tarde en los animales superiores ha de convertirse en caracol, con el órgano de Corti bien desarrollado, que supone la parte más importante del aparato auditivo.

El órgano de Corti es, en realidad, un receptor capaz de detectar las alteraciones más rápidas e insignificantes de la presión del medio ambiente. Las compresiones repentinas del medio ambiente y la caída instantánea ulterior de la presión, que surge en la bocina de nuestro oído externo, influye en la membrana timpánica. Sus vibraciones se transmiten a la ventana oval y al líquido laberíntico mediante una serie de huesecillos del oído, llegando de esta manera hasta el órgano de Corti, cuyas fibras experimentan una aguda resonancia, excitando a su vez a los receptores correspondientes del nervio acústico.

La sensibilidad del aparato auditivo es verdaderamente asombrosa. El oído humano está en condiciones de percibir el sonido originado por una presión, equivalente a 0.000 1 bar por centímetro cuadrado, la cual es capaz de transferir tan sólo una

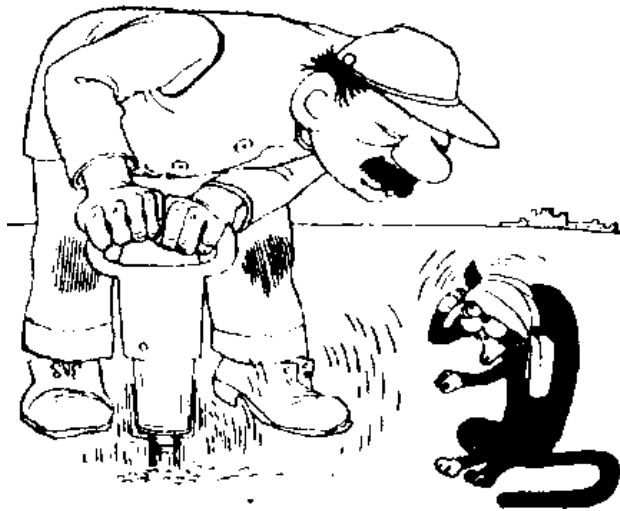
cienmilmillonésima parte de un centímetro a la membrana del caracol. ¡Esta distancia es mil veces más pequeña que el diámetro del átomo más diminuto, el hidrógeno!

Notemos de paso que el hombre no es campeón en el dominio del oído. Muchos animales son capaces de oír sonidos bastante más débiles. Pero esto no es menester considerarlo como un defecto nuestro. El hombre es un ser muy ruidoso y tal vez le sea más conveniente oír menos que demasiado. Se considera más importante que él pueda soportar sin daño algunos sonidos bastante fuertes, como los que surgen cuando la presión acústica llega hasta 2 000 bar. Los sonidos fuertes provocan en algunas razas de ratas blancas y en otros animales ataques convulsivos e incluso hasta la muerte.

¿Qué sería de la humanidad, si nuestro oído no pudiese adaptarse a los sonidos fuertes? Sólo ganaríamos en una cosa: para nosotros serían imposibles las guerras sangrientas, pues los soldados, con un oído tan sensible, no perecerían de las balas del enemigo, sino del ruido de los disparos de sus propios fusiles y la cosa no habría llegado hasta crear la artillería. De todas maneras, aunque los sonidos fuertes no son mortales para nosotros, sin embargo, los ruidos prolongados pueden producir graves enfermedades de los órganos del oído y del sistema nervioso central. Por lo tanto, merece reconocimiento la lucha que se está efectuando para que haya silencio en los locales de trabajo y de vivienda. En las ciudades y poblados pueden utilizarse las zonas verdes como los principales aliados en esta lucha. Los arces frondosos y las rizadas copas de los tilos, así como el follaje de los álamos, ahogan bien las oscilaciones acústicas. El oído del hombre está menos desarrollado que el de los animales no sólo por su agudeza, sino también en cuanto a otros índices. En primer término, nosotros sólo oímos una banda muy estrecha de oscilaciones acústicas. El sonido no se percibe como ininterrumpido, cuando la frecuencia de oscilaciones de la presión constituye 16-18 por segundo, y desaparece cuando las oscilaciones alcanzan una frecuencia de 20 mil por segundo. El oído, incapaz de detectar estos cambios tan rápidos de la presión, deja de informar acerca de sus oscilaciones y nos parece que alrededor reina un silencio absoluto.

20 mil oscilaciones por segundo no es mucho. Nuestros fieles amigos, los perros, son capaces de captar 38 mil oscilaciones por segundo. Tampoco ésta es una cifra

grande. La ballena y el delfín pueden detectar cambios de presión, producidos mediante frecuencias de 100-125 mil, el murciélago incluso hasta 300 mil por segundo. Los animales, cuyo oído es capaz de percibir ultrasonidos, también pueden emitirlos, pero nosotros, por desgracia no podemos experimentar el placer de oírlos. Así es como apareció el absurdo, desde el punto de vista de la ciencia moderna, del proverbio siguiente: mudo como un pez. Si los peces también fuesen capaces de



examinar de una manera reparona nuestras cualidades, inevitablemente les surgiría el proverbio: sordo como el hombre. Por lo demás, la naturaleza obró muy sensatamente, privándonos de la propiedad de oír sonidos muy altos. El hombre no ha perdido nada con no tener la posibilidad de oír los chillidos de los murciélagos cuando éstos salen de caza o de poder intervenir en las conversaciones sinceras de los peces. En nuestro

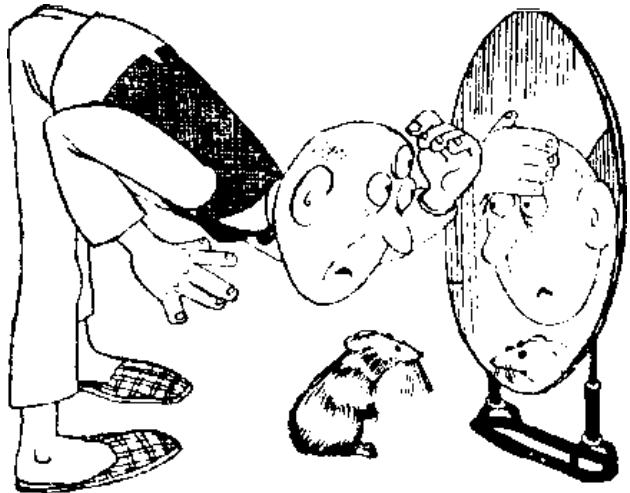
propio lenguaje podemos vivir de lo mejor con las oscilaciones acústicas que se encuentran en el margen entre 500 y 2 000 oscilaciones por segundo.

El hombre y los animales superiores poseen oído binario, o sea, utilizan dos oídos, que ayuda mucho al determinar la fuente del sonido. Las ondas sonoras, como se sabe, se propagan por el aire a la velocidad de 340 metros por segundo, por eso el sonido, en la mayoría de los casos, no llega simultáneamente a ambos oídos. El hombre es capaz de notar que el sonido llega a uno de sus dos oídos con un retraso de sólo 0.000 1 segundo.

Fíjense bien en la propiedad de nuestro cerebro de captar una diferencia tan insignificante del tiempo que tarda en llegar el sonido. La distancia que hay entre los oídos de la zorra, animal que puede localizar con muchísima mayor precisión que el hombre el lugar donde se encuentra la fuente del sonido, es de 10 centímetros, o sea lo más que puede tardar la llegada del sonido a un oído, con relación al otro, no es más de 0.000 3 segundos. Habitualmente, este intervalo es mucho más corto.

Para determinar la fuente del sonido, la zorra está moviendo la cabeza hasta que el sonido llegue simultáneamente a los dos oídos. Por lo general, los animales pueden medir con gran exactitud y recordar la magnitud de los intervalos entre la llegada de los sonidos por separado. El perro distingue fácilmente la resonancia de un metrónomo que produce 100 golpes al minuto, con relación al mismo metrónomo, que sólo efectúa 98 golpes. Incluso para el finísimo oído de los músicos profesionales la resonancia de los dos metrónomos es totalmente igual.

De acuerdo con muchos índices el oído del hombre cede considerablemente ante el de los animales. Respecto a uno de éstos estamos a una altura inaccesible. Ninguno de los animales es capaz de analizar el flujo de sonidos que llegan con tanta rapidez uno tras otro. La necesidad de tal análisis es comprensible: sin éste sería imposible nuestro lenguaje.



### 3. El tercer ojo

El tren infantil turístico se aproximaba lentamente al andén de la estación. Una enorme locomotora roja, crujiendo con los frenos, iba disminuyendo la marcha. Detrás de la máquina, serpenteando suavemente, atravesando las agujas y pasando de una vía a otra, se arrastraba una docena de vagones espaciosos y bonitos con ventanas amplias muy limpias, pintadas de color verde-oscuro. Tras las ventanas se veían narices blancas y achatadas y ojos; ojos todos pares, en tres y cuatro pisos, negros, pardos, azules, verdes. Como si fuese un monstruo fabuloso, el tren observaba la ciudad con miles de ojos atentos.

- Un milojos -, dijo alguien de la multitud de gente que esperaba al tren. Y eso era verdad. El tren hacía recordar a los gusanos turbelarios, cuya parte delantera del cuerpo está ribeteada por una hilera de ojos diminutos, casi microscópicos. Y se movía también como una lombriz, serpenteando lenta y suavemente.



Los ojos son órganos importantísimos. No es de extrañar que muchos animales tengan decenas y a veces centenas de ellos. Cuanto más primitivo sea el ojo, tanto mayor será la cantidad de éstos en los animales. De lo contrario no podría vivir. En cambio, cuanto más perfectos sean los receptores ópticos, menor será la cantidad que se necesita. Existen animales con un solo ojo. Estos son los cangrejitos copépodos, que en honor a los gigantes mitológicos con un solo ojo de la Grecia Antigua, los llamaron cíclopes. Estos viven perfectamente con un ojo único en la frente.

Vamos a ver, ¿cuántos ojos es más conveniente tener? La pregunta no es tan simple, como podría parecer a primera vista, ni tan fácil de responder. El número de ojos que necesita el animal depende de la perfección de los mismos y de su modo de vida. En la Tierra hay seres que en tiempos pasados tenían muy buenos ojos, pero que después se mudaron a lugares privados de luz, como sucedió con el pez de las cavernas mejicano, y les desaparecieron los ojos.

Por lo visto, aquí se puede confiar en la naturaleza. En el proceso de la evolución cada especie animal adquirió tantos ojos, como le era necesario para su existencia feliz. A los animales vertebrados, a quienes pertenece también el hombre, que posee un cerebro muy complejo y altamente desarrollado, así como también unos ojos muy perfectos, les son suficientes... tres ojos. Sí, Sí, ¡tres! ¡No se asombre!

Los peces, los anfibios, los reptiles, las aves e, incluso, los mamíferos, incluyendo a cada uno de nosotros, tienen tres ojos. Por lo general, nos olvidamos de la existencia del tercer ojo, o simplemente no sabemos que lo tenemos. Y esto no tiene nada de extraño: el tercer ojo está situado en la profundidad del encéfalo humano y rodeado de distintas secciones, así que desde fuera, claro está, no puede verse. Incluso no se le llama ojo, sino glándula pineal. En el proceso de la evolución de los animales vertebrados, de un ojo verdadero se convirtió en una glándula de pleno valor.

El misterioso ojo no es grande. El del hombre pesa 0.1-0.2 gramos, es mucho más pequeño que el de los cocodrilos contemporáneos o el de los monstruosos reptiles desaparecidos. En los vertebrados inferiores este órgano, por su construcción, no se distingue en nada esencial del ojo corriente. Por fuera tiene un cristalino. Dentro se

encuentra un humor vítreo, semejante a la retina, con sus células fotosensibles y residuos de la membrana vascular. Del ojo, como es de suponer, parte un nervio.

Los científicos se extrañaron mucho cuando lo descubrieron hace cerca de 100 años. ¡Cuántas suposiciones distintas provocaron aquello! No podían comprender qué era lo que miraba aquel ojo en el cerebro. ¿Acaso observaba el trabajo de éste? ¿Puede ser que con la ayuda de ese ojo el hombre vea, tenga conciencia de sus pensamientos y sentimientos? Expresaban también otras suposiciones, no menos fantásticas.

Parecía que el problema ya estaba aclarándose, cuando de repente se enteraron de que todos los vertebrados tenían también un tercer ojo. En la mayoría de estos animales, como por ejemplo, la rana, el ojo se encuentra en la piel, en el vértice del cráneo; en los lagartos se encuentra debajo de la piel y está cubierto de escamas. En cambio las escamas de las iguanas, grandes lagartos sudamericanos, son diáfanos, y el ojo de la haltería, que vive en Nueva Zelanda, está cubierto con una película fina y transparente. ¡Eso significa que el ojo puede ver!

Los científicos intentaron estudiar la función que desempeña este ojo parietal complementario. Los experimentos confirmaron que éste, efectivamente, reacciona a la luz y puede incluso distinguir el color. Con esto ya es bastante, pues los ojos ordinarios de muchos animales no distinguen los colores.

Las halterias son seres muy primitivos, verdaderos fósiles vivos. Vivían en aquella época remota cuando en la Tierra habitaban reptiles enormes, y desde entonces no variaron en absoluto. Los científicos pensaron que probablemente todos los seres vivos de aquellos tiempos tan lejanos utilizaban un tercer ojo. La suposición fue confirmada.

Hace tiempo que a los paleontólogos (científicos que estudian los animales fósiles) llamó la atención un orificio extraño, situado en la parte superior del cráneo de los enormes reptiles fósiles. Este resultó ser una tercera cuenca ocular, que por sus dimensiones era un poco menor que las cuencas laterales. Ya no quedaba ninguna duda: antiguamente los animales utilizaban a plenitud tres ojos, pues era muy cómodo, antes de salir del agua, acercar la cabeza a la superficie para observar con el tercer ojo lo que ocurría en el mundo. Esa precaución no estaba de más para los terribles rapaces (no fuera a escaparse la presa) y menos aún para sus víctimas.

Así fue aclarado cómo surgió y para qué utilizaban los animales en la antigüedad el tercer ojo. Pero todavía era inexplicable para qué les hacía falta el tercer ojo a los animales contemporáneos. En la mayoría de los reptiles el ojo está cubierto de escamas y claro está, no puede ver nada. Pero si éste fuese totalmente innecesario, es poco probable que se conservase, cómo no se conservaron las extremidades



posteriores de la ballena. Los científicos saben muy bien que cualquier órgano, al perder su importancia para el animal, desaparece muy pronto. Pero si el tercer ojo existe, esto significa que para algo tiene que servirle al animal contemporáneo. Pero, ¿para qué lo necesitan? Había que continuar las investigaciones.

Al poco tiempo se descubrió que en los animales de sangre fría el tercer ojo desempeña la función de termómetro. Estos animales no saben mantener la temperatura de su cuerpo a un nivel permanente. Sólo pueden regularla un poco, protegiéndose de día del sol abrasador, así como de las noches frías y de las heladas. Pero ya será tarde esconderse una vez que al cuerpo le haya dado tiempo calentarse o enfriarse demasiado: así puede cogerse fácilmente una insolación o un resfriado. El tercer ojo sirve precisamente para medir la temperatura externa, advirtiéndole al animal de que el tiempo está poniéndose demasiado caluroso o demasiado frío y que ha llegado el momento de ocultarse. Esto se debe a que el revestimiento cutáneo no representa obstáculo alguno para los rayos térmicos.

No obstante, esto no es el límite de la función que desempeña el tercer ojo. El ojo de los anfibios puede regular el color de la piel. Si situamos unos cuantos renacuajos en una habitación oscura durante unos 30 minutos, su piel se pondrá más clara. Pero cuando al renacuajo se le extrae el tercer ojo, este animal pierde la propiedad de cambiar el color de su piel. Resulta que el tercer ojo puede producir una hormona especial, denominada melatonina, que aclara la piel. A la luz se frena su producción.

El tercer ojo de los mamíferos, aunque se encuentre escondido en la profundidad del cráneo, está magníficamente enterado de lo que sucede en el exterior. En todo caso, sabe muy bien si en el mundo es de día o si la Tierra está envuelta en tinieblas. Estas noticias las recibe, por lo visto, de primera mano. En el tercer ojo de los mamíferos penetra sólo una ramita del nervio simpático (no hay otros nervios), que va del ganglio simpático cervical superior, el cual, al mismo tiempo, inerva también a los músculos que dilatan la pupila. Como se sabe, las pupilas se dilatan en la oscuridad. Es muy probable que el cambio del día y de la noche, así como otras alteraciones que ocurren en la iluminación, intervengan en la actividad de la glándula pineal. El peso de la glándula pineal en las ratas se reduce muchísimo cuando estos animales se mantienen durante mucho tiempo en iluminación continua. Y por el contrario, esto no se manifiesta en el ojo parietal cuando dichos animales permanecen largo tiempo en la oscuridad.

Las funciones del tercer ojo no se agotan con su participación en el cambio del color de la piel y en la termorregulación. La realización de un estudio detallado ha demostrado que este ojo en el hombre se convirtió en una glándula de pleno valor, pero es una glándula singular. En ninguna otra glándula, a excepción de la pineal, se pueden ver los astrocitos, las células nerviosas más corrientes, difundidas ampliamente en los hemisferios cerebrales. Aún no está claro a qué se debe este enlazamiento tan estrecho de las células glandulares y nerviosas.

En la actualidad están efectuándose investigaciones en muchos laboratorios del mundo. Los renacuajos fueron quienes impulsaron en los científicos la idea de que el tercer ojo en los animales superiores elabora ciertas hormonas. Esta suposición se ha confirmado. Resulta que las hormonas producidas por este ojo, actúan fundamentalmente en otra formación cerebral, en el complejo hipotalámico-hipofisario, cuya participación es la más activa en la regulación del equilibrio acuático-salino, en la composición de la sangre, en la digestión, en la pubertad y en la actividad sexual, pero, principalmente, es quien organiza nuestro estado emocional y, por consiguiente, determina a fin de cuentas el carácter de nuestra actividad psíquica. Los experimentos efectuados con los animales demostraron que las ratas jóvenes a quienes se les extrajo el tercer ojo, crecen más rápido y son más grandes que sus parientes normales. Estas alcanzan más pronto la pubertad y paren

más a menudo. De manera análoga se comportan los pollos operados. Estos se hacen con antelación gallos o gallinas y luego ponen huevos con más frecuencia.

A los niños, a quienes a consecuencia de alguna enfermedad se les ha debilitado o cesado el funcionamiento de la glándula pineal, les llega muy temprano la pubertad, sus órganos sexuales crecen muy rápido y desproporcionadamente, hasta llegar a ser demasiado grandes. Y por el contrario: cuando en el organismo se introducen sistemáticamente preparados, a base de glándula pineal, la pubertad se demora, provocando en el animal adulto la atrofia de las glándulas genitales. Este animal procrea rara vez y es menos activo en cuanto a la formación de la familia.

Las investigaciones ulteriores han presentado un material muy variado e interesante. Resultó que la glándula pineal, al actuar sobre la glándula pituitaria o directamente en el páncreas, participa en la regulación del nivel del azúcar en la sangre. La introducción de extracto de glándula pineal en el organismo conduce a un cambio brusco del metabolismo del agua. Algunos científicos notaron la influencia que ejerce el tercer ojo en el funcionamiento de las glándulas suprarrenales y tiroidea.

De las investigaciones realizadas con humanos y animales, se puede observar que la glándula pineal está funcionando desde el nacimiento hasta la vejez.

Sin reducir su actividad, aunque no está excluido que con la edad varíe el carácter de su actividad. De ello es testimonio la aparición de granos de arena en los tejidos del tercer ojo, granos que están compuestos de calcio, magnesio, fósforo y hierro. En los recién nacidos no hay esta extraña "arena" cerebral; por lo general, hasta los 15 años, suele observarse raramente, pero después va aumentando a medida que pasan los años. Sabemos bien que un pequeñísimo grano de arena puede perturbar totalmente el trabajo de nuestro ojo exterior. Es difícil imaginarse que una pulgarada de arena en el cuerpo del tercer ojo no le impida desempeñar sus funciones.

Desde el momento en que se efectuaron las primeras investigaciones nos enteramos de muchas cosas inesperadas que desempeña nuestro tercer ojo. ¿Se agotan con esto sus funciones? Creo que no. Los experimentos continúan. Es probable que este órgano misterioso y poco estudiado hasta ahora llegue a obsequiarnos muchas sorpresas.

#### 4. El mundo maravilloso de la luz

La Física es una de las ciencias más antiguas. En la aurora de la humanidad la gente ya había aprendido a construir los primeros aparatos ópticos: los espejos planos. Mucho más tarde aparecieron los espejos esféricos, que permitieron concentrar los rayos luminosos en un haz o dispersarlos uniformemente. Al principio los espejos eran metálicos. La invención del vidrio abrió ante la óptica enormes posibilidades. No obstante, hubo de pasar mucho tiempo para que el hombre aprendiese a pulir lentes de cristal.

Los cristales de aumento cautivaron la imaginación de los hombres instruidos de aquellos tiempos, que a través de ellos examinaban pequeños objetos, y los más ingeniosos, sujetándolos, para mayor comodidad, al gorro o a otra prenda de la cabeza, los utilizaban como lentes originales. En aquel momento eran simples juguetes. Se necesitaron muchos esfuerzos para llegar a convertirlos en los modernos anteojos, telescopios, microscopios y cámaras fotográficas. Al crearlos, el hombre, ni siquiera sospechaba que pudiesen asimilar tanto de la naturaleza, pues nuestro ojo no está peor construido que cualquier cámara fotográfica o cámara de televisión moderna. El ojo posee dispositivos especiales que refractan los rayos luminosos, que los enfocan a la superficie interior de la pared posterior del ojo; es un diafragma que regula la cantidad de luz que penetra en el interior, y unos elementos fotosensibles, cuya excitación se transmite por las fibras del nervio óptico a las regiones occipitales del encéfalo, donde, al igual que en la pantalla del televisor, transcurre la peculiar exploración, surgen las sensaciones ópticas, las imágenes visuales.

Para recibir imágenes nítidas de los objetos que nos rodean, es necesario enfocar con gran precisión estas imágenes en los elementos de percepción. En las cámaras fotográficas modernas se logra mediante el desplazamiento del objetivo. Una construcción idéntica ha utilizado también la naturaleza, al crear los ojos de los primeros animales vertebrados. El cristalino, que es uno de los medios refringente más importantes del ojo, en los peces y en los anfibios está provisto de un músculo especial, mediante el cual puede moverse a lo largo del eje óptico del ojo.

En los reptiles, las aves y los mamíferos aparece una adaptación nueva, que aún no está dominada por la técnica moderna, adaptación que permite efectuar el enfoque, variando la curvatura del cristalino y, por consiguiente, su fuerza refractiva. Para este fin sirve el músculo orbicular, que rodea al cristalino.

Para variar la forma del cristalino, en las aves y los reptiles el músculo se contrae y, oprimiendo al cristalino, le da una forma más esférica. El músculo orbicular de los mamíferos, por el contrario, estira al cristalino, haciéndolo más plano aún; al relajarse el músculo, el cristalino aumenta su curvatura. Es interesante señalar, que en este caso varía principalmente la curvatura de su plano anterior, cuyo radio oscila entre 6 y 10 milímetros, mientras que el radio del plano posterior no varía más de medio milímetro.

La naturaleza ha cometido un error en cuanto a la construcción del dispositivo refringente del ojo de los mamíferos. Por lo visto, ésta no podía suponer que el representante superior de esta clase de animales - el hombre - inventara ganchitos y garabatos, denominados letras, por medio de las cuales podía intercambiar informaciones. Para eso la gente tuvo que hacerse bastante miope, pues de lo contrario no podría comprender sus propios garabatos. Precisamente aquí, gracias a la naturaleza, es donde empezaron nuestros disgustos. Con la edad, el cristalino se hace menos elástico, todavía puede estirarse bien, pero, sin embargo, pierde la facultad de adquirir su forma anterior: al llegar a la vejez el hombre comienza a ser hipermetrope y tiene que usar lentes.

La fuerza refractiva del ojo se compone, en lo fundamental, de la fuerza refractiva de la córnea y del cristalino. El índice de refracción de la córnea y del líquido que se encuentra detrás de ésta son casi iguales al del agua común. Por eso debajo del agua nuestra vista se altera muchísimo. Los rayos luminosos, al incidir sobre los ojos, pasan a través de la córnea sin refractarse en absoluto, mientras que el cristalino solo no está en condiciones de enfocar el flujo luminoso en los elementos fotosensibles. En el agua el hombre es tan hipermetrope, que prácticamente cualquier objeto, por muy lejos que se encuentre, parece estar muy cerca, y resulta que sólo podemos ver los objetos bastante grandes; además, todo parece desenfocado. Aunque esto no les molesta en absoluto a los buzos y a los submarinistas para orientarse magníficamente en el agua transparente. Pero sus

ojos no tienen contacto directo con el agua. Les separa de ésta el cristal y una fina capa de aire, por eso en el enfoque participan también el cristalino y la córnea. Como resultado, la imagen es absolutamente nítida y lo único es que todos los objetos parecen ser un tercio más grandes que en la realidad. Esta circunstancia hay que tenerla siempre en cuenta al escuchar las anécdotas que cuentan los submarinistas.

La fuerza refractiva del ojo no sólo depende de la curvatura de la córnea y del cristalino, sino también de la calidad del material con que están compuestos. La córnea del pez, igual que la del hombre, no es capaz de refractar los rayos luminosos en el agua. Los peces ni siquiera intentan utilizarla para eso; su córnea es plana, pero el cristalino es esférico. La córnea de la ballena es convexa y el índice de su refracción es bastante grande, en el enfoque participan la córnea y el cristalino.

Cada especie animal adquirió la forma de los ojos más adecuada para poder ver en el medio donde vive. Aquéllos que tenían que vivir debajo del agua y en tierra firme fueron los que sufrieron mayores dificultades. Estos animales tuvieron que escoger o bien la vista apropiada para ver solamente en un medio, o bien reconstruir un tanto sus ojos. El pequeño pez *Periophthalmus koelreutei* prefirió escoger los ojos de un típico habitante de tierra firme. Este pez está saliendo constantemente a la orilla, se encarama en los árboles y pasa muchas horas lejos del agua. A él no le importa que sus ojos no vean nada en el agua: en los charcos sucios, donde habita, el agua está tan turbia, que tal vez aquí los ojos no le sirvan para nada.

El escarabajo girino, llamado vulgarmente escribano de agua, que vive en aguas limpias, no pudo hacer la elección porque la naturaleza le dotó con dos pares de ojos: un par para el agua y el otro para el ambiente aéreo. Asimismo procedió la naturaleza con el pez *Anahleps tetraphtalmuts* (cuatroojos), que habita en América Central y Meridional. Este pez se alimenta de insectos, que los atrapa ágilmente a vuelo.

Prácticamente, este pez tiene dos ojos ordinarios, sólo que sus pupilas están muy estiradas en sentido vertical y divididas en dos partes por un tabique especial. Las substancias refringentes de la parte superior de los medios diáfanos de los ojos están adaptadas para ver en el medio aéreo; la parte inferior, en el medio acuático.



Sobre todo fue muy difícil construir ojos para los animales, capaces de desplazarse con gran rapidez. Al mergo, que necesita para volar, igual que todos los pájaros, la vista más distante, y en el agua, cuando está pescando, la vista más corta, puede variar mucho la curvatura del cristalino. Si la fuerza refractiva del hombre, incluso durante su juventud, tan sólo alcanza 15 dioptrías, la del mergo puede llegar hasta 40-50. Por eso ve bien a un pececillo, que tiende a esconderse precipitadamente en la espesura de la flora submarina, o a un águila que planea en lo alto del cielo.

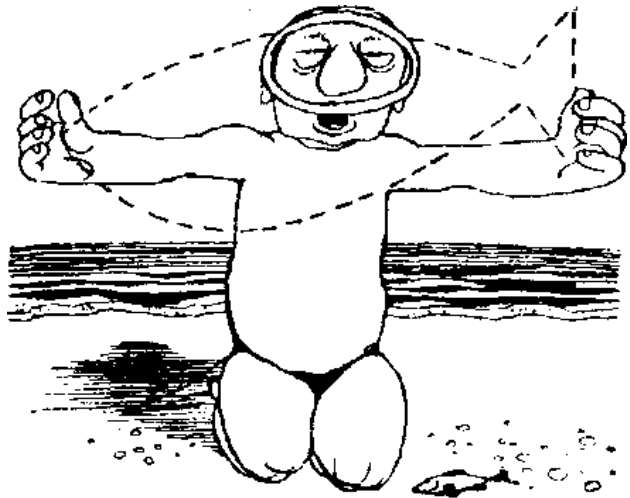
La mayoría de las focas y muchas serpientes marinas ven muy bien tanto en el agua como en la tierra. Sin embargo, los pingüinos son miopes fuera del agua.

Los ojos de los animales

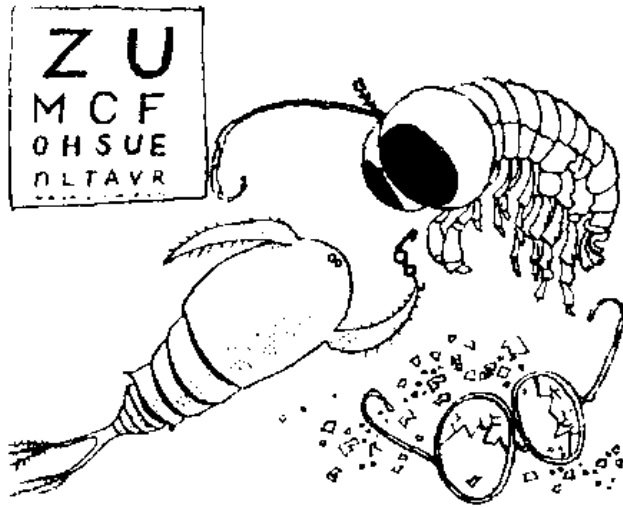
contemporáneos se distinguen mucho por su sensibilidad a la luz. La causa de esta diferencia es comprensible: la iluminación en el globo terráqueo cambia muchísimo: ora el sol alumbra fuertemente, ora el día se pone gris, ora llega la noche.

Muchos animales viven en perpetua oscuridad, debajo de la tierra, en cavernas o en la profundidad de los océanos. Algunos se pasan durmiendo todo el día y sólo de noche salen de sus refugios. Por lo general, estos animales tienen ojos o muy grandes y sensibles, o resulta que dichos órganos son tan reducidos que sus dueños tienen que vivir sin éstos.

A veces los ojos llegan a tener enormes dimensiones: en los moluscos de aguas profundas pueden tener hasta 20 centímetros de diámetro; los ojos del pequeño anfípodo, llamado vulgarmente cangrejo pulga, ocupan una tercera parte de la longitud del cuerpo. El ojo de los peces y moluscos de aguas profundas tienen una forma telescópica, alargada, con una pupila muy grande. Todas estas adaptaciones están apropiadas para reunir dentro del ojo la mayor cantidad posible de rayos luminosos y enfocarlos luego en los elementos de percepción luminosa, que poseen



gran sensibilidad. Para ver claramente, la lechuza necesita una luz 100 veces menor que la que necesita el hombre.



El ojo de los peces de aguas profundas y el de las fieras terrestres posee otra particularidad muy interesante. En la superficie interior del ojo de estos animales hay una capa brillante, llamada espejo, que refleja muy bien la luz. Gracias a este espejo brillan de noche los ojos del gato. Los ojos del lobo, del gato y del cocodrilo no producen luz, sino que arrojan los rayos débiles que llegan de las estrellas, de la Luna y de las luces

lejanas, y que se concentraron en la parte posterior de la superficie. Por eso en plena oscuridad los ojos no pueden brillar.

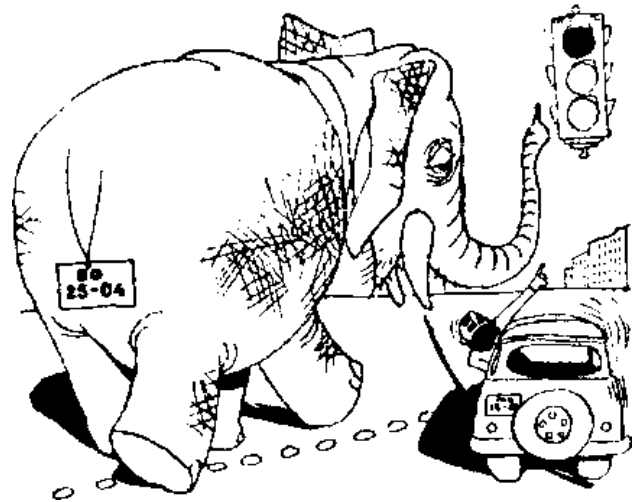
Causa una impresión horrible cuando uno se encuentra de noche en el bosque ante unos ojos relucientes, como si fueran ascuas que están vigilando atentamente. No obstante, no es menester pensar que el objetivo del espejo es asustar a la gente por la noche. Su misión es otra: reflejar de nuevo los rayos luminosos en los elementos de percepción luminosa y con eso, reforzar su acción. Los ojos dotados de espejo son capaces de utilizar al máximo todas las migajas de luz que lleguen aquí. La gente, por desgracia, está privada de esta valiosa adaptación y por eso los ojos no dejan de descubrirnos cuando tenemos ocasión de ocultarnos por la noche en alguna emboscada.

Los elementos perceptibles del ojo son los bastoncitos y los conos. En el ojo humano hay cerca de 7 millones de conos y mucho más bastoncitos - cerca de 130 millones. La distribución de estos elementos fotosensibles es irregular: los conos están situados más densamente en la parte central del campo visual. Sobre todo, es alta su concentración en la mancha amarilla, que habitualmente utilizamos para estudiar de una manera detallada los objetos circundantes.

Otra designación de los conos es la percepción de colores. No todos los animales, ni mucho menos, distinguen los colores. La percepción de colores surgió por primera vez en los invertebrados superiores. Los moluscos cefalópodos, los crustáceos y muchos insectos distinguen muy bien los colores. Los insectos, hasta, cierto grado, superaron incluso a todos los demás animales: son capaces de ver los rayos ultravioletas, inaccesibles totalmente para el hombre. Gracias a esto pueden ver el mundo magnífico, que nosotros hemos conocido hace poco, después de aprender a fotografiar con películas sensibles a los rayos ultravioletas.

La mayoría de los vertebrados diurnos distinguen bien los colores. El mundo de los colores es accesible para muchos peces, anfibios, reptiles y aves. La naturaleza sólo ha privado de esta dádiva a los mamíferos. Es posible que esto sucediera a consecuencia de que sus antepasados eran animales nocturnos. Incluso nuestro fiel ayudante, el perro, que tanto aprendió del hombre, no sabe diferenciar los colores. Notemos de paso que los ungulados tampoco perciben los colores. A pesar de que se ha enraizado la opinión de que a los toros no les agrada el color rojo, tenemos que constatar que éstos no pueden distinguirlo en absoluto del color verde, azul o, incluso, del negro, con el mismo grado de saturación. De todos los mamíferos, según parece, únicamente los monos y nosotros, los hombres, somos capaces de admirar el gama de los colores.

La propiedad de la mancha amarilla de enviar al cerebro una información muy detallada acerca del objeto examinado está, por lo visto, relacionada con una alta concentración de elementos de percepción, así como también gracias a que cada cono está ligado con su propia neurona individual. Los



bastoncitos (bacilos) no poseen semejante neurona individual y están obligados a concentrarse en grupos alrededor de una célula nerviosa única.

Con la ayuda de la mancha amarilla nosotros veremos dos puntos distintos, si es que sus imágenes caen en dos conos. Nosotros podemos diferenciar esos mismos

puntos por medio de la parte periférica del campo visual, cuando sus imágenes se proyectan en dos grupos distintos de bastoncitos. Si ambos puntos están enfocados en los límites de un grupo de bastoncitos, entonces el ojo sólo verá un punto. No es de extrañar que las águilas y los grifos, aves que tienen que divisar desde el cielo a su presa en la tierra, no tienen una, sino dos e incluso tres manchas amarillas.

Los conos, además de la mancha amarilla, también se encuentran en otros sectores de la parte central del campo visual, pero su concentración es aquí mucho menor. En la periferia no hay conos en absoluto. Allí sólo se encuentran bastoncitos - elementos de percepción luminosa de mayor sensibilidad. Puesto que varios bastoncitos envían su información a una misma célula nerviosa, al oscurecer, los que están excitados muy débilmente, con el esfuerzo común pueden excitar su neurona y el ojo podrá ver algo, mientras que los conos, que sólo se dirigen a su propia célula nerviosa, no harán nada.

Nosotros recurrimos a la ayuda de los bastoncitos al oscurecer, cuando los conos ya se han convertido en un obstáculo. Podríamos ver mucho mejor de noche si no fuese por la costumbre de enfocar la imagen en la mancha amarilla. Por eso de noche podemos ver mucho mejor los objetos, cuyas imágenes resultan encontrarse en los sectores laterales de la retina, pero esto ocurre cuando no miramos al objeto que deseamos ver.

De esta manera, para la visión nocturna es inútil, total o parcialmente, la zona grande de la retina, precisamente aquélla a la que estamos acostumbrados y que es la más cómoda para ser utilizada de día. Por lo demás, de día tampoco utilizamos toda la retina. Cerca de la mancha amarilla se encuentra la segunda mancha, la zona ciega. Aquí, a través de la membrana del ojo, salen al exterior las fibras del nervio óptico. En esta zona no hay elementos fotosensibles y por eso ella no participa en la visión nocturna ni diurna.

Es sorprendente que no notemos agujero alguno en el propio campo visual. En parte esto se debe a que vemos el mundo con dos ojos y en el punto ciego de cada ojo se reciben distintas fracciones de la imagen. Al examinar cualquier objeto, nuestro ojo no está inmóvil, sino que va deslizándose por los contornos y los lugares más esenciales de la imagen; además, realiza también pequeños movimientos vibratorios. La imagen del objeto se desplaza rápidamente por la

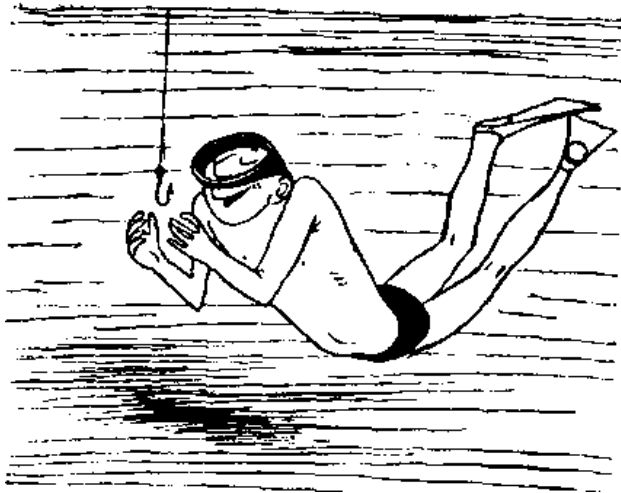
retina, lo cual nos permite ver todas sus fracciones. La distinta concentración de elementos receptores de luz conduce a que veamos de manera bastante nítida sólo el objeto especialmente examinado. A nosotros eso nos complace, puesto que ayuda a concentrar, la atención en lo principal. Para los animales rapaces, quienes están acechando a su presa, es necesario un campo visual más amplio, que les permita ver bien un sector muy extenso y, naturalmente, para ellos esta vista no les es muy conveniente. No obstante, también aquí la naturaleza encontró una salida.

Quien haya tenido la ocasión de haberse sumergido con traje de buzo en las transparentes aguas marinas, lejos de la costa, posiblemente se haya sentido allí bastante solitario. A cualquier parte donde dirija la vista, a la izquierda o a la derecha, por delante, por arriba y por debajo, por doquier hay una bruma azulina-gris, que se extiende a lo lejos. Y, además, un vacío: completo e interminable. El ojo no tiene donde detenerse. Incluso el espacio cósmico no nos parece tan vacío. Allí alumbra el sol, brillan alegremente las lucecillas de miríadas de estrellas.

Por lo visto, los peces que viven en alta mar también se sienten muy solitarios. No en vano la mayoría de ellos buscan compañía similar, reuniéndose en bancos. Cualquier objeto llama la atención en este vacío ilimitado, es imposible arrancar la vista de él y pasar de largo sin prestarle atención. En esto se basa uno de los métodos para pescar con simples aparejos, que los pescadores, denominaron palangre.

La construcción del palangre no es compleja: un cordel muy largo con el plomo en la punta, donde están sujetos unos cinco anzuelos. Cuando se pesca con el palangre no hace falta carnada. El aparejo se sumerge a 30-50 metros de profundidad y de vez en cuando se le da estirones. Al notarse por el temblor del sedal que el pez picó, entonces se sube cuidadosamente el aparejo a la lancha.

A veces a los novatos les sorprende que el pez trague anzuelos sin carnada y, además, que se enganche de éstos por la barriga, la cola o el dorso. Pero no hay por qué asombrarse. A los peces, hartos de estar en el vacío, les atrae mucho el objeto desconocido y se deciden a probarlo, dan vueltas alrededor del tupido ovillo y así se hincan en los anzuelos cuando el pescador tira del cordel.



Si a un novato lo sumergiésemos en la profundidad del mar, del aburrimiento no sólo comenzaría a tragarse anzuelos, sino saltaría incluso a la sartén, si la hubiese a sus alrededores.

Sin duda alguna, para el pez que está viajando constantemente por los espacios a través de una bruma azulina-gris, no se le pasa inadvertido ningún objeto.

Pues aquí no hay nada que atraiga la atención, no le atrae nada y nada le

molesta mirar. Por eso, precisamente, la naturaleza decidió crear un desierto ante los ojos de algunos animales rapaces, que viven en la tierra entre colores pintorescos y alegres, para que ellos puedan notar mejor su presa.

El aparato receptor de luz del ojo está construido de tal manera que pueda transmitir al encéfalo la información, pero no acerca de la intensidad de luz que incide sobre éste, sino solamente del carácter del cambio de la iluminación. Tan pronto suceda aunque sólo sea un pequeño cambio en la iluminación de los bastoncillos y los conos, éstos se lo comunican inmediatamente al encéfalo y esperan los cambios siguientes, para entregar un nuevo telegrama. Y así toda la vida.

Gracias al estudio de las reacciones eléctricas, que surgen durante la iluminación del ojo, se ha logrado por primera vez tener conocimientos acerca de estas interesantes particularidades de los elementos receptores de luz. Su comprensión teórica conducía a la hipótesis de que al examinar atentamente con el ojo fijo un objeto inmóvil, éste sólo puede verse durante un tiempo muy breve. Pero esta suposición

no fue fácil de comprobar, pues el ojo humano, además de efectuar movimientos de prospección, está temblando constantemente, realizando pequeñas oscilaciones. De todas maneras, los científicos lograron hallar un procedimiento ingenioso para estudiar experimentalmente este proceso. Ya que era muy difícil detener el movimiento del ojo, fijaron la imagen directamente al globo ocular. Gracias a esto, por mucho que se moviera el ojo, de todas maneras la imagen se enfocaba siempre en los mismos elementos de la retina. ¡Las investigaciones confirmaron que el ojo no ve la imagen inmóvil!

En los animales vertebrados la propiedad de mover los ojos apareció en etapas bastante tardías de la evolución. Los ojos de la mayoría de los peces son inmóviles, pero, por lo visto, eso a ellos no les molesta. El agua no le da un apoyo sólido al cuerpo y éste nunca se encuentra en estado inmóvil absoluto. Por lo tanto, junto con el pez se mueven también los ojos.

Cuando los peces primitivos se transformaron en anfibios, después de salir a tierra adquirieron una estructura sólida para su cuerpo, perdiendo, a cambio de esto, la facultad de ver constantemente el mundo que les rodeaba. Por lo visto, esta pérdida para los anfibios suponía una influencia muy esencial: al perder el flujo constante de información visual, se atontonaron considerablemente en comparación con sus antepasados, los peces. Cuando no hay información, el cerebro no tiene nada que hacer y no se desarrolla.

Los anfibios ven un mundo extraordinario. Observen alguna vez en verano, a mediodía, una rana o un sapo, cuando está tumbado en un bajío bajo los rayos del sol acariciador. ¡Con qué tranquilidad filosófica examina el mundo! Además, ¿de qué podría inquietarse? Cuando la calurosa calina está suspensa sobre el pantano y en el aire no se siente vientecillo alguno, ni se mueve una sola hoja o hierba, ante los ojos del sapo, en vez de la diversidad de colores, se extiende, igual que una cortina, un velo azulino-grisáceo, como si se encontrara, en los espacios del océano o estuviese sentado delante de la pantalla de un televisor, al que se le ha estropeado el dispositivo receptor.

Por muy aburrido o monótono que vean los anfibios el mundo, tales ojos crean determinadas comodidades. De su vista no se le escapa ningún ser vivo. Junto al anfibio pasa volando una mosca e inmediatamente en la pantalla del televisor

aparece su imagen. La mosca se posa en un tallo de espargancio, la hierbita se tambalea y también aparece en la pantalla, pero por muy poco tiempo. Y de nuevo ante el sapo, en el fondo del velo azulino-grisáceo, sólo se divisa la mosca, la única en todo el mundo. Pero, ¿cómo sería posible no notarla? Ninguna presa podrá escaparse de unos ojos tan atentos.

La ceguera temporal no les impide a los anfibios vivir y orientarse normalmente. Estos animales no tropiezan contra los objetos, pues basta moverse un poquito para que en la pantalla del televisor, que hasta el momento permanecía silencioso, aparece el mundo circundante.

Se puede decir que los anfibios no tuvieron mucha suerte con los analizadores. Las condiciones para la recepción de la información acústica y olfatoria en el medio aéreo se distinguen considerablemente de lo que sucedía en el agua. Resultó que estos órganos de los sentidos de los anfibios no estaban muy bien adaptados para las nuevas condiciones. Por eso, estos animales hallan sus alimentos únicamente con la ayuda de la vista y, además, sólo pueden divisarlos cuando están moviéndose.

Aquellos que hayan tenido la ocasión de tener sapos o ranas en su casa habrán podido darse cuenta de que estos animales no cogen comida inmóvil. Esta es una peculiaridad lamentable para las ranas. Como se sabe, esos inofensivos y pacientes seres fueron el objeto preferido de los científicos para efectuar toda clase de investigaciones médicas y biológicas; además las ranas son muy baratas y se les puede mantener durante todo el invierno en cualquier local fresco. Durante este tiempo ellas no requieren alimentación pues en la naturaleza, en invierno, se sumen en el sueño invernal y se pasan el tiempo sin comer nada.

La rana representa un objetivo muy cómodo para efectuar investigaciones, pero la única desventaja que tiene es que al llegar el verano hay que terminar el trabajo. La rana sale del sueño invernal y comienza a nutrirse intensamente. Durante este período necesita muchos alimentos y vivos, obligatoriamente. En los laboratorios, donde hay varios cientos o miles de ranas existe una gran dificultad organizar la alimentación viva, lo cual resulta mucho más costoso que el valor de la propia rana. Intentaron enseñarles a que comieran pedacitos de carne cruda en unos comederos, pero todo fue en vano, puesto que los animales no lo veían. Los científicos estuvieron mucho tiempo sin poder superar este obstáculo, hasta que por fin



decidieron hacer comederos giratorios, como si fuesen vivos, en cuyos bordes se colocaban pedacitos de carne. A este tipo de comederos las ranas se acostumbran muy pronto y comenzaron a comer la carne.

Es difícil imaginarse que la naturaleza, al crear los ojos, desde un principio planificara utilizar las particularidades de la vista a través del ojo inmóvil para elevar su sensibilidad. En los animales superiores esta cualidad no se ha conservado, los ojos recibieron la propiedad de moverse.

El perfeccionamiento de la visión iba por el camino de la elevación de la sensibilidad de los aparatos de recepción lumínica. Esto ocasionaba sus dificultades en cuanto al trabajo del ojo: a los receptores muy sensibles, capaces de funcionar correctamente al oscurecer, les molestaba la luz fuerte. Por eso en la aurora de la creación de los receptores ópticos, ellos ya estaban provistos de un diafragma para modificar la intensidad del umbral luminoso.

El diámetro de la pupila del ojo humano, adaptado a la oscuridad, alcanza 8 milímetros; cuando la luz es muy intensa, se reduce de tamaño. El estrechamiento de la pupila no sólo limita el haz luminoso, sino también aumenta la claridad de la imagen, ya que en este caso los rayos luminosos pasan por el centro de la córnea y del cristalino; o sea, a través de las partes del sistema refringente, que son más homogéneas en sentido óptico.

Los analizadores poseen una particularidad muy interesante: la sensación, provocada por algún excitante, no desaparece de repente después de terminar su acción. Gracias a esto nosotros oímos sonidos ininterrumpidos, pero no oscilaciones aisladas, y los destellos de luz los percibimos como un excitante luminoso continuo. El hombre deja de distinguir los destellos de luz aislados cuando éstos se producen con frecuencia de 16-18 ciclos al segundo.

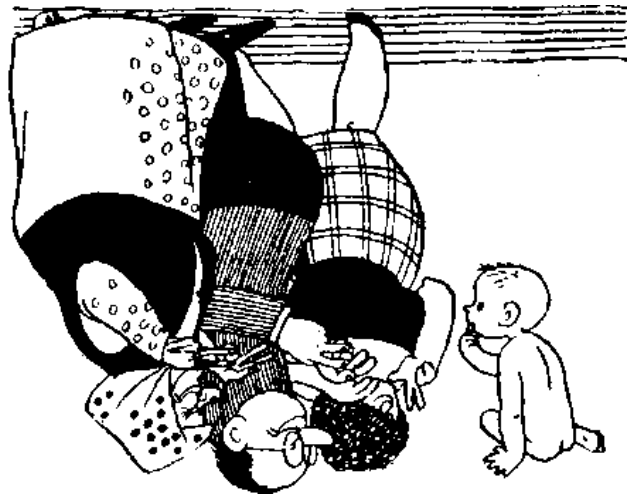
Estas cualidades de la visión fueron las premisas para el surgimiento de un arte especial, el cine. Gracias a que durante la exhibición de las películas cinematográficas las distintas diapositivas se proyectan en la pantalla con una frecuencia de 24 cuadros por segundo, podemos ver la imagen continua, que nos produce la ilusión de la realidad del movimiento.

En vista de que el hombre es un ser muy lento, a éste para vivir no le molesta en absoluto esa duración de las sensaciones consecuentes. Sin embargo, a las aves y

los insectos voladores esto no les conviene. Si ellos conservaran la sensación tanto tiempo, les sería difícil durante el vuelo ver el mundo que les rodea. En cambio, estos animales están privados del placer de poder ver películas en nuestros cinemas. Para que los insectos pudiesen ver una sola imagen, habría que cambiar no menos de 200 cuadros por segundo.

El ojo de cámara de los animales superiores es un aparato tan complejo, que ellos tienen que aprender a manejarlo. De esa función se encarga el cerebro. Antes de utilizar los ojos, el cerebro debe aprender a descifrar la información que éstos le envían. Digamos, por ejemplo, determinar cuál de los dos objetos se encuentra más cerca. Puede ocurrir que sus imágenes en la retina sean iguales o, incluso, que la imagen del objeto más alejado sea mayor que la del cercano.

En general, una simple imagen del objeto en la retina no permite juzgar acerca de sus dimensiones. Es imposible resolver estos problemas basándose solamente en la información recibida de los elementos fotosensibles. Hay que hacer una comparación de la sensación puramente visual con los



índices de los receptores musculares, que informan al cerebro sobre la situación de cada ojo (mejor dicho, sobre la magnitud del ángulo bajo el cual se cruzan los ejes ópticos), y también con la magnitud de acomodación, o sea, con el grado de variación de la curvatura del cristalino. La magnitud de la acomodación permite orientarnos en los tamaños y en las distancias al examinar con un solo ojo algún objeto. Este mecanismo es utilizado también por aquellos animales, como los conejos, chochas y peces, cuya construcción de la parte facial del cráneo les imposibilita examinar con los dos ojos los objetos que les interesan.

La posibilidad de descifrar y unificar los índices ópticos y locomotores está fundada en la construcción del cerebro, pero esto hay que aprender a hacerlo, igual que se aprende a manejar con las manos y los pies.

El ojo compuesto de los insectos ve el mundo en forma de un mosaico, pero en cuanto a esto tuvieron suerte, porque la imagen de los objetos circundantes resulta ser recta. A los animales vertebrados les es más difícil utilizar sus ojos de cámara. Gracias a que rayos luminosos, que penetran en nuestro ojo, pasan a través de una diminuta lente biconvexa y aquí se refractan, la imagen de los objetos examinados, enfocados en la pared posterior de ojo, resulta estar invertida, con los pies para arriba. ¿Por qué vemos el mundo tal como es en realidad? Resulta que nuestro cerebro, al confrontar las indicaciones recibidas del ojo, con la información que llega de otros órganos de los sentidos, y principalmente de los receptores cutáneos y musculares, aún en la tierna infancia ya se acostumbran a comprenderla como se debe.

¿Y qué pasaría si la imagen en la pared posterior del ojo estuviese orientada correctamente? ¿Qué podría ver nuestro ojo entonces?

Semejantes experimentos se han realizado reiteradamente. Mediante gafas especiales puede devolverse la posición correcta a la imagen en la retina del ojo. En los primeros instantes parecerá que todo el mundo está invertido. No obstante, llevando las gafas sin quitárselas, al cabo de cuatro días ya nuestro cerebro reorganiza y entonces nuevamente volveremos a ver el panorama acostumbrado. La vista se hace tan normal, que el hombre puede dibujar y hasta conducir libremente un coche. Pero tan pronto se quite las gafas, el mundo nuevamente volverá a ponerse boca abajo. El cerebro tendrá que acostumbrarse otra vez a la nueva manera de transmitir la información. Aún no se ha podido aclarar definitivamente qué procesos transcurren en este caso en el cerebro, pero aquí ya tocamos otra rama: la función del encéfalo.

## **5. El susurro del planeta**

Entre el analizador visual y el acústico hay una diferencia sumamente esencial: existen muy pocos animales que sean capaces de brillar, mientras que la inmensa mayoría de los que pueden oír poseen dispositivos especiales, que les permiten inundar el mundo con sonidos de la vida. Hoy día ya no hay posibilidad de restablecer cómo se desarrollaba en los animales la facultad de utilizar las señales

acústicas. Únicamente puede suponerse que el analizador acústico; surgió debido a la necesidad de escuchar los sonidos emitidos por la presa o el enemigo.

Cuando los animales adquirieron oídos, éstos pudieron notar que también se podía recibir información. bastante importante de sus parientes cercanos al escuchar atentamente los sonidos que ellos producían Estas señales no sólo les daban a entender lo que estaban haciendo en un momento dado los miembros de la familia o la manada, sino que les informaban también acerca de lo que estaba ocurriendo en el mundo. De aquí hasta el envío activo de la señal a sus parientes había sólo un paso.

En los animales se creó la propiedad de emitir sonidos para comunicarse entre sí. Para repetir con bastante precisión estos sonidos, es necesario oírlos muy bien, por eso los órganos emisores y receptores del sonido deben desarrollarse conjuntamente.

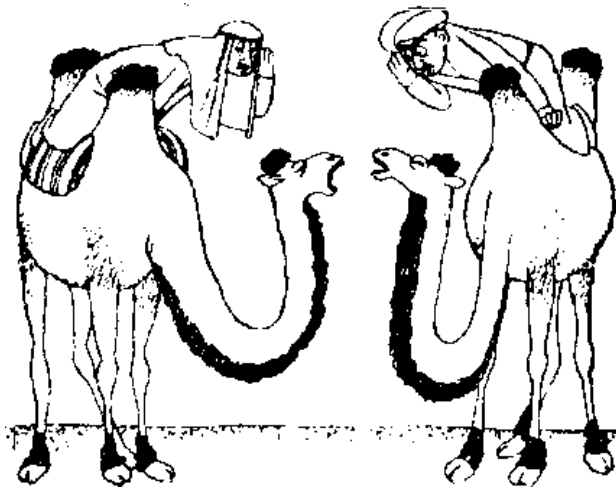
En efecto, los animales perciben muy bien su propio sonido y las voces de sus parientes. Es natural que hayan notado que el sonido emitido por ellos mismos pueda provocar el eco y que sonidos totalmente iguales puedan ocasionar ecos muy distintos. Cuando la naturaleza comprendió la causa de estas diferencias comenzó a experimentar y estuvo haciendo ensayos hasta que creó sistemas de reproducción del sonido y de recepción, los cuales permitieron a los animales utilizar directamente sus sonidos para las necesidades propias.

Las aves y los mamíferos son los que poseen aparato acústico más perfecto. Su aparato fónico, que funciona a cuenta del movimiento del aire es capaz de emitir una gama muy amplia de sonidos. No todos fueron donados en igual grado por la naturaleza; algunos de ellos fueron privados por ciertas causas, creándolos sin voz. Entonces, para aportar óbolo en el mar común de sonidos o diversificar el repertorio, los animales tuvieron que inventar la manera de expresar sus sentidos y recurrir a veces a la ayuda de medios auxiliares.

El sonido más característico para la lechuza de Hudson es un chasquido fuerte que hace con el pico. Los virtuosos llegan a organizar con su pico verdaderos conciertos. Los sonidos que producen las cigüeñas hacen recordar el castañeteo. Variando ampliamente el ritmo y la fuerza del sonido, las cigüeñas interpretan serenatas maravillosas.

Al pájaro carpintero el pico le resultó ser insuficiente. Este pájaro, cuando está enamorado, tabletea para su amiga verdaderos conciertos a tambor, utilizando como instrumento a los árboles secos. El macho de la perdiz castañetea con las alas, haciendo hasta 40 golpes por minuto.

Los insectos no poseen aparato fónico y, generalmente, para producir sonidos utilizan la fricción. La langosta roza su pata contra sus ásperas alas. Los



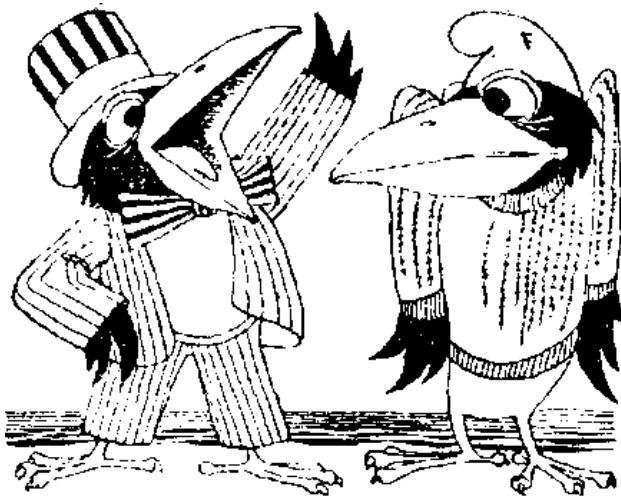
saltamontes emiten sonidos frotando los élitros uno contra otro. Los grillos tienen en la superficie frotante del ala casi 150 prismas triangulares y cuatro membranas, cuya vibración acrecienta el sonido. No es de extrañar que los insectos no tengan los oídos en la cabeza. El grillo tiene el aparato receptor del sonido en la rodilla; la langosta, en la base de la tibia.

Los peces emiten sonidos al frotar las láminas branquiales. Los ciprínidos rechinan con los dientes deglutidores. Es muy interesante la construcción del aparato acústico de las percas; sobre todo está muy desarrollado el aparato acústico de los peces cantarines y el del gallo de mar - la trigla. Los sonidos se emiten por medio de la vejiga natatoria, gracias a la contracción de unos músculos especiales, que provocan vibraciones en sus paredes. Los animales emiten muchos sonidos durante el movimiento. El balido de una chocha se produce durante el vuelo de reclamo gracias a la vibración de las plumas timoneras de la cola. El chillido desgarrador del mosquito, del cual uno queda involuntariamente inmóvil, esperando la picadura no es en absoluto la advertencia de "voy a ustedes" como la que enviaba a sus enemigos Yaroslav el Sabio, príncipe de Kíev, cuando intentaba atacarlos. El chillido del mosquito se debe al movimiento de sus alas y, por lo visto, en algunos momentos lo más que él desearía es callarse, pero no puede hacerlo.

El lenguaje de los animales siempre le interesó a la gente. El deseo de comprenderlo ya había surgido en la aurora de la humanidad. Los sacerdotes y los

científicos, los pintores y los escritores, prestaron mucha atención a este tema. Al lenguaje de los animales se han dedicado tomos enteros. Entre sus autores hay muchos nombres célebres. La mayoría de estas obras ahora ya están olvidadas, incluyendo "El abecedario de los animales", que pertenece a la pluma de Carlos Dickens, célebre novelista inglés. Esta fue la última obra del eminente maestro de las letras.

Las innumerables investigaciones no han logrado descifrar las señales que intercambian entre sí los animales. Sólo con la aparición de aparatos, que permitieron grabar, reproducir reiteradamente y analizar bajo todos los aspectos las conversaciones de los animales pudo dedicarse de lleno a este apasionado



problema.

La designación de las señales es muy distinta. Unas sirven como señal de llamada; otras, de alarma; las terceras avisan acerca del hallazgo de alimentos; las cuartas se utilizan para llamar a su compañera. La mayoría de las veces el trino tan melodioso y encantador de nuestros pájaros sirve para avisar que el lugar de nidificación ya está ocupado.

Es muy interesante y aún no está bastante claro por qué el canto de los pájaros y de las ranas, que en realidad llevan muy poca información, es tan complejo y con frecuencia es también una obra musical maravillosa. La aptitud para el canto es una reacción congénita, pero, para poder cantar bien, los pájaros tienen que aprender. El pajarillo que nunca haya oído la voz de sus padres jamás será buen cantarín. No es sorprendente que los pájaros sean capaces de aprender, pero sí es asombroso que ellos tengan muy buen gusto. Nunca ocurre que los buenos cantantes adquieran la mala manera de cantar; por lo común, los cantantes malos aprenden de los buenos. Con esto se explica el porqué en unos lugares hay sólo buenos cantantes y en otros, malos.

El lenguaje de los animales no resultó ser tan pobre como se suponía. Sobre todo es muy rico el de aquellos que viven en grandes comunidades. La gallina es un ave torpe, sin embargo, los científicos descubrieron que ellas utilizan 30 palabras-señales.

Para cada especie es propio un fárrago de señales, y las especies, que están muy difundidas por el globo terráqueo, se dividen, incluso, en distintas nacionalidades o, mejor dicho, en grupos étnicos. Resulta que las cornejas de los EE.UU. no comprenden el lenguaje de las cornejas francesas; los delfines del Mar Negro no conocen el de sus compañeros del Mediterráneo.

Por otro lado, los animales, aunque sean completamente disímiles, si tienen que vivir juntos, aprenden parcialmente las señales de sus vecinos y sobre todo las señales de alarma. La señal de alarma que da la urraca, es bien comprendida por todos los habitantes de los bosques y campos circundantes. Incluso el dueño patizambo de la taigá - el oso, o el espanto de los bosques del Usuri - el bello tigre rayado - no se hacen los suecos. Entre las aves se encuentran también los políglotos. Estos son aves nómadas. Así es como asimilan las distintas variantes del lenguaje de sus parientes sedentarios.

Las voces de ciertas especies de animales se diferencian tanto, que a veces es más difícil distinguir a los dueños por estos síntomas que por algún otro. Los entendidos en pájaros dirán sin equivocarse a qué especie pertenece la mosquita cantarina y, seguramente, les sería difícil determinarlo si el pájaro cayera en sus manos. La gran diferencia de voces tiene un sentido profundo. Las mosquitas muy parecidas nunca dan híbridos y las señales acústicas les ayudan reconocerse entre sí sin equivocación alguna. La misma importancia tiene también el canto de muchos insectos. Incluso los mosquitos reconocen a sus compañeras por el chillido, que es característico para cada especie y que depende, principalmente, de la frecuencia del movimiento de sus alas.

Las señales que los animales envían se distinguen por la duración, la amplitud y la modulación en frecuencia, por la magnitud de los intervalos entre los distintos envíos auditivos, por la anchura de las rayas espectrales, por la pendiente del borde de acrecimiento y de decrecimiento de la señal y por otros síntomas más. Sin embargo, por muy diferentes que sean las voces de los animales, a través de un

análisis minucioso se ha demostrado que los sonidos emitidos por ellos guardan cierta semejanza.

Resulta, por ejemplo, que la señal de alarma aérea en la mayoría de las aves y animales pequeños es un sonido prolongado, que va aumentando lentamente. Una señal como esa, con poca pendiente del borde de acrecentamiento, es muy difícil localizarla en el espacio, pero en el caso dado no tiene importancia. Cuando el enemigo amenaza desde arriba, es decir, cuando sobre su cabeza se encuentra un gavián o un águila, listo para atrapar a la presa, es inútil escaparse a todo correr. La señal "alarma aérea" no indica a los animales de dónde procede el peligro: de la derecha o de la izquierda, por delante o por detrás, y, por consiguiente, no dice hacia qué lado hay que huir. No queda otro remedio que permanecer petrificado con la esperanza de no ser descubierto o meterse rápidamente en el refugio más cercano. Sólo esto puede salvarle cuando atacan desde arriba.

Las señales de alarma terrestre son totalmente distintas. En este caso es muy importante saber de qué lado amenaza el peligro y, por consiguiente, es imprescindible captar exactamente de dónde procede la señal. Por eso la señal de alarma terrestre debe darse de tal manera que se pueda localizar con exactitud. La señal de alarma de las gallinas es un grupo de impulsos cortos que al principio se acrecentan bruscamente, descendiendo después con lentitud. A la señal de alarma terrestre los pájaros levantan el vuelo; lo demás animales huyen en dirección contraria a la de donde haya sonado la señal.

A pesar de la inesperada riqueza del lenguaje de los animales, el cual no sólo puede ser auditivo, sin embargo, éste es un lenguaje de segunda clase. Todas las "palabras" del vocabulario animal se transmiten por herencia y no se aprenden como tienen que hacerlo los niños. Las señales que intercambian los animales se producen espontáneamente, bajo la acción de cualquier estado emocional. Cuando la gallina grita con espanto al ver al halcón que cae del cielo, eso no significa que desea avisar a sus compañeras acerca del terrible peligro. El grito se le escapó involuntariamente, igual que nosotros gritamos cuando tocamos por casualidad una plancha caliente. El idioma de los animales es congénito, el intercambio de información se produce involuntariamente, y esto es una de las causas, a diferencia del lenguaje humano, de su lento desarrollo.



Los animales, que durante mucho tiempo están viviendo juntos, al fin y al cabo aprenden a extraer de esas mismas señales auditivas espontáneas más información en cuanto a los matices de la situación circundante. Por las reacciones acústicas y la conducta general de uno de los dos perros que viven en la casa, en un segundo puede exactamente saber a quién de los miembros de la familia de su dueño vio por la ventana compañero.

Los animales pueden también utilizar de manera más activa la señalización acústica. No es difícil enseñar al perro a que dé voces cuando éste quiere beber, a ladrar fuerte y con frecuencia cuando tiene hambre, y a gañir al llegar la hora del paseo. Los papagayos cuyo aparato fónico es el más semejante al humano aprenden a repetir palabras e, incluso, frases enteras, en cualquier idioma y a utilizarlas en concordancia con la situación circundante. Un papagayo, que trajo a Inglaterra un contraamaestre retirado de un buque mercante, aprendió a decir "beber", cuando en el tarro se acababa el agua y "dame lechuga", cuando deseaba pellizcar verdura. El loro nunca se olvidaba de decir "buenas noches" antes de meter cabeza debajo del ala, aunque no hubiese nadie en habitación.

Tal reacción es un paso hacia adelante en comparación con la señalización espontánea, de la que tratamos anteriormente, aunque aún esté bastante lejos del lenguaje humano. Esto es solamente una reacción de reflejo condicionado, que no es más compleja que el habitual reflejo condicionado de segregación de saliva, que surge en el perro cuando oye el tintineo de la escudilla, al echarle el dueño la comida.

¿Es posible que haya entre los animales señales más complejas de señalización?

Hace poco los investigadores norteamericanos, que estudian la conducta de los delfines, tropezaron con un enigma interesante. A dos animales que vivían en una misma piscina, les adiestraron a que apretaran la palanca izquierda cuando les mostraban una de las dos figuras, y la palanca de la derecha cuando les mostraban la segunda figura. Después dividieron la piscina en dos partes. El delfín que había quedado en la parte derecha podía ver perfectamente las figuras., pero no tenía la posibilidad de llegar hasta las palancas. El segundo delfín, situado en la parte izquierda de la piscina, podía apretar libremente las palancas, pero no veía las figuras, cuya presentación era la señal para apretar.

Cuando este simple experimento lo repitieron por primera vez en la piscina tabicada, los científicos fueron sorprendidos al ver que el delfín de la izquierda, sin ver las figuras de señal, apretaba sin equivocarse la palanca necesaria. Esto fue posible porque el delfín de la derecha comunicaba a su compañero de la izquierda cuándo y qué figura se mostraba.

Los delfines utilizaban la señalización acústica, Incluso se logró grabarla en cinta magnetofónica. Lo único que todavía no está claro es el carácter de esta información. ¿Surgen o no en el delfín de la derecha reacciones acústicas involuntarias, igual que en el perro al ver por la ventana a su dueño, o los delfines pueden, en caso de necesidad, intercambiar información acerca de la situación circundante? Si la segunda suposición es correcta, esto significará que las reacciones a señales en los delfines están próximas a la conversación humana, ante la señalización de cualquier otro animal.

La gran diversidad y al mismo tiempo la estricta especificación de las señales acústicas provocaron muchas imitaciones. A veces la semejanza de las voces de dos animales es puramente casual. Si alguna persona profana se encuentra de noche en el bosque, donde celebran su boda las inofensivas y graciosas corzas, experimentará mucho miedo. La voz fuerte e inesperada del macho enamorado hace recordar mucho al rugido de una fiera. Notemos de paso que los científicos no saben si esta semejanza es verdaderamente casual. No está excluido que la naturaleza, al planificar el grito de llamada de la corza, haya decidido hacerlo atractivo para la hembra y espantoso para todos los demás animales. ¿De qué otra manera se podría proteger a estos seres inofensivos, que en el resto del tiempo son tan silenciosos e imperceptibles y que no están en condiciones de defenderse ellos mismos?

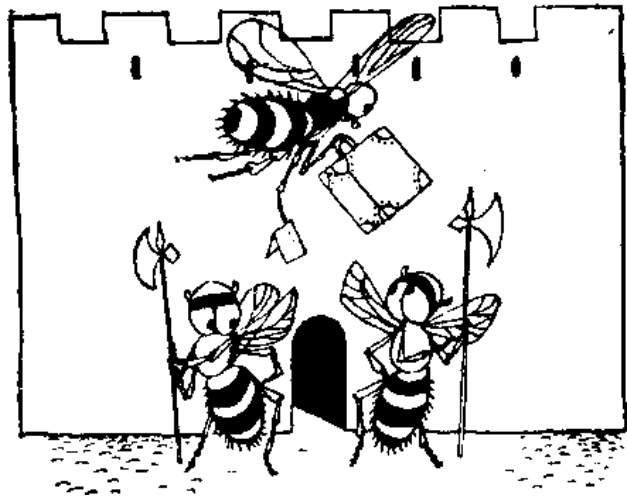
Con mayor frecuencia tropezamos con la imitación "consciente". Las avispas son insectos muy peligrosos y no todos se atreven a atacarlos, por eso a los seres indefensos les sería más conveniente imitarlos. Y, en efecto, se hallaron tales virtuosos. Allí, donde las avispas vuelan constantemente, no es difícil encontrar unas moscas grandes. Durante el vuelo la avispa zumba, haciendo 150 aletadas por segundo. Estas moscas también zumban y su sonido se parece mucho al de la avispa: hacen 147 aletadas por segundo. Esta semejanza es suficiente para que los

voraces las confundan con las avispas. Las propias moscas poseen un oído bastante agudo y nunca se equivocan: jamás intentan entablar relaciones amorosas con las avispas.

La colmena de abejas es una fortaleza infranqueable. El oso es el único que se decide a combatir con éstas, pero la familia unida a menudo lo pone en fuga.

Junto a la piquera de la colmena permanece constantemente la guardia, que siempre está lista para hacer frente a cualquier agraviador. Es difícil pasar desapercibido cerca de la guardia siempre alerta. Por muy seductora que sea la miel y por muchos que sean quienes deseen saborearla, nadie podrá penetrar en la colmena.

Por eso mismo a los científicos siempre les ha asombrado cómo la aquerencia "calavera", que es una mariposa de gran tamaño, puede penetrar en la colmena. Sus alas y su abdomen son de color negro y amarillo y en el dorso tiene unas manchas amarillentas-blancas, que semejan una calavera con los huesos en cruz, gracias a lo cual recibió ese nombre. Una vez que ha penetrado en la colmena, la "calavera"



bebe una cantidad enorme de miel y, haciéndose muy pesada, casi sin poder volar, se aleja impunemente. Esta mariposa sabe emitir sonidos bastante broncos. Las "canciones" de la calavera son, precisamente, los que fascina a la guardia. A las abejas les influye de manera irrefutable, lo mismo que las canciones melodiosas de las sirenas influían en los antiguos navegantes. No hace mucho se logró comprender la causa de esta facultad: resulta que la mariposa imita la "voz" de una reina joven. Las abejas sin reina se sienten huérfanas. Cuando a principios de verano parte de ellas, junto con la vieja reina, abandonan la casa paterna, la colmena se deja abatir. Pero por fin sale del capullo la reina joven y entonces en la familia, que se había aplacado para varios días, cambia otra vez todo. La nueva reina comienza a

conocerse con la colmena, corre animadamente por los panales y "golpetea" (canta), anunciando al enjambre su aparición en el mundo.

La "calavera" imita el golpeteo de la reina, que acaba de salir del capullo. Esto actúa en las abejas como si fuera un conjuro mágico. Aprovechándose del desconcierto temporal, la "calavera" se encarama en los panales, chupa apresuradamente la miel y abandona la colmena antes de que a sus desalentados moradores les dé tiempo a volver en sí.

Los casos de onomatopeya, singular mimetismo sonoro, se observa también en otros animales, aunque estos fenómenos no están bien estudiados. Con mayor frecuencia esto se observa en los animales acuáticos, para los cuales el sonido es mucho más importante que; para los animales terrestres. A la onomatopeya recurren los voraces para acercarse cautelosamente a la presa; por su parte, las presas imitan a seres más fuertes con el fin de espantar a los voraces. A menudo se utilizan ultrasonidos, que no son percibidos por el oído humano, lo que dificulta mucho el estudio de este interesante fenómeno.

Para los animales de vida nocturna el empleo del eco es una cosa tan habitual, como las demás formas de señalización acústica. Su principio es muy simple: la onda sonora, originada por el animal, repercute en los objetos que se encuentran en el camino y regresa de nuevo. De acuerdo con el tiempo que se necesite para que la onda sonora regrese, el animal puede determinar a qué distancia se encuentra el objeto, y por el carácter del eco, las cualidades de este objeto.

La inmensa mayoría de los animales superiores poseen la propiedad de ecolocalización. Un perro, privado de la vista, puede aprender en un día o dos a no tropezar contra las paredes y los objetos grandes. El oído tan agudo que posee distingue fácilmente el sonido reflejado de las superficies densas, que se produjo mediante el ruido de sus pasos. Después de un entrenamiento más prolongado el perro puede aprender igualmente a esquivar objetos más pequeños.

El hombre también es capaz de utilizar el eco. Los ciegos de nacimiento, quienes poseen un oído muy desarrollado, orientándose por el sonido de sus propios pasos o del palo, aprenden al fin y al cabo a no tropezar incluso contra los árboles que no son muy gruesos. En comparación con los delfines o los murciélagos, esto, desde

luego, es un método de orientación muy tosco, pero el carácter de los sonidos utilizados por el hombre no le permite efectuar reacciones más precisas.

De una manera similar se orientan los peces; el movimiento de sus cuerpos provoca en el reino submarino compresiones locales, que se propagan hacia distintas partes, igual que las ondas corrientes. Su repercusión de los objetos lo capta un órgano especial, la línea lateral, que poseen todos los peces y los anfibios rabudos. Por medio de esta vibrolocalización (las ondas originadas por los peces no tienen nada que ver con la gama acústica) dichos animales, incluso de noche, no tropiezan contra los obstáculos submarinos.

Para que la localización fuese más perfecta, la naturaleza ha tenido que reconstruir los órganos de reproducción del sonido. Primero; durante la localización aquí no hay necesidad de enviar sonidos hacia todos los lados, como ocurre en la señalización acústica entre los animales. Es más conveniente enviar sonidos en forma de haces estrechos en la dirección necesaria a investigar. Segundo; no todos los sonidos sirven para la localización. Para que el sonido se refleje bien, el obstáculo debe ser 2 ó 3 veces más grande que la onda sonora. Por eso en la localización se utilizan, como regla, las ondas cortas.

De las aves, capaces de utilizar la ecolocalización, las más conocidas son los guácharos, que viven en las islas del Mar Caribe y en los países próximos de América Latina. Estos grandes pájaros, de color castaño oscuro con pintas blancas y con un metro de aletada, se parecen mucho al gavilán.

Los guácharos son aves nocturnas. Todo el día lo pasan en la profundidad de las cuevas, donde hacen sus nidos en las cornisas inaccesibles. De noche salen en busca de frutos de las palmas tropicales y al amanecer regresan a sus casas. En plena oscuridad atraviesan rápidamente y con acierto los sinuosos pasillos subterráneos, sin tropezar contra las paredes y los salientes. Las aves "ven" bien el cambio, lo "alumbran" con sonidos.

Durante el vuelo el guácharo emite frecuentes y cortos sonidos en la gama de 7000 ciclos por segundo, que son accesibles al oído humano. El sonido, como se sabe, se propaga en el medio aéreo a la velocidad de 340 metros por segundo; o sea, es 12-15 veces más rápido que la velocidad de las aves. Por eso al sonido siempre le da tiempo, mucho antes que al propio guácharo, alcanzar el obstáculo y regresar de

nuevo. Las aves reciben una información oportuna y completa acerca de los próximos tramos de su ruta. Las golondrinas salanganas y otras aves nocturnas también utilizan la ecolocalización acústica para estos mismos fines.

A los murciélagos y delfines la ecolocalización no sólo les hace falta para esquivar los obstáculos. Esta les es también necesaria para hallar los alimentos. Por eso necesitaron ultrasonidos de muy altas frecuencias, desde 40 hasta 300 mil ciclos por segundo y una longitud de onda de 1-3 milímetros.

Los murciélagos que se alimentan de frutos, bayas e insectos grandes, que estén posados en las ramas o en las hojas, así como los vampiros, que chupan la sangre de los animales grandes, localizan por medio de sonidos de poca intensidad y con una frecuencia de hasta 150 mil ciclos por segundo. La misión de estos animales es relativamente fácil: hallar objetos inmóviles, aunque a veces sean pequeños. Por eso utilizan sonidos con frecuencia constante.

Mucho más complicada es la misión de los delfines y los murciélagos, que atrapan a la presa mientras nada o vuela. Estos seres no sólo deben recibir información acerca del lugar donde está la presa en el momento dado, sino también hacia dónde se dirige y qué velocidad mantiene. Al parecer, por eso la mayoría de los murciélagos utilizan impulsos sonoros para la localización, en los que varía la frecuencia de las oscilaciones de las ondas sonoras.

Por ejemplo, algunos murciélagos orejudos, quedándose colgados de una rama con la cabeza hacia abajo, igual que los pájaros papamoscas, acechan la presa moviendo el morro hacia distintas partes y enviando al espacio 10 ó 20 señales por segundo, constituidas, aproximadamente, por 50 oscilaciones sonoras, que comienzan desde la frecuencia de 90 mil ciclos y terminan en la de 45 mil, o sea, en cada impulso no hay ni siquiera dos frecuencias iguales. Al ser descubierta la presa, la frecuencia de los impulsos aumenta hasta 200 ciclos por segundo y la duración de cada uno de ellos se reduce hasta 0.001 segundo.

Según la opinión de los científicos, el murciélago, determinar la dirección de vuelo de la presa, se tenía por la alteración de la longitud de las ondas sonoras del eco en comparación con la longitud de las ondas del impulso localizador. Si la presa vuela al encuentro del murciélago, entonces las ondas sonoras reflejadas serán más cortas. Parece como si la presa las comprimiese, y cuanto mayor sea su velocidad, más se

comprimirán las ondas reflejadas y más alta será la composición acústica del eco. Si la presa va volando en dirección contraria al murciélago, las ondas sonoras del eco se estirarán tanto más, cuanto más rápido sea su vuelo y tanto más bajo será el sonido que llega hasta el oído del perseguidor.

El ecolocalizador de los murciélagos es tan perfecto, que puede distinguir pedacitos iguales de terciopelo, de papel esmeril o de madera contrachapada. Cada objeto refleja de manera distinta las ondas sonoras. De las superficies lisas se reflejan mucho mejor, mientras que las superficies ásperas y blandas las extinguen. Con esto se explica el porqué los murciélagos se enredan a veces entre los altos peinados de las señoras. Los animales no deseaban hacerles ningún daño a las



asustadas mujeres, simplemente tropezaron por casualidad con la vaporosa cabellera, sin haber recibido eco de ésta.

Los insectos, con los que se alimentan los murciélagos, hace tiempo que han adivinado las particularidades del reflejo de las ondas sonoras. Ellos comprendieron que podían hacerse invisibles. Por eso, y no a consecuencia del frío de la noche como se pensaba,

es que el cuerpo de la mayoría de las mariposas nocturnas, de las falenas y de ciertos abejorros está cubierto de un vello blando y espeso. Estos seres dan un eco muy débil y extraordinariamente impreciso, así que el murciélago puede incluso no notar a la presa. Y si, además, la mariposa posee receptor acústico, sintonizado en la onda del localizador del voraz nocturno, habrá más posibilidad de quedarse con vida, pues para salvarse, el insecto sólo tiene que plegar sus alas y desplomarse en la hierba.

Por medio de su magnífico localizador los murciélagos no sólo pueden orientarse en el océano aéreo, sino también son capaces de "radiografiar" medios mucho más densos. Entre estos animales hay amantes de los platos de pescado. Volando sobre la misma superficie del agua, envían hacia abajo señales acústicas y tan pronto

reciben la respuesta adecuada, meten las garras en el agua y sacan la presa a la superficie.

Los científicos no pudieron comprender de repente cómo lograban los murciélagos hacer esto. Además de que la señal acústica, que penetraba en el agua, se reflejaba parcialmente de su superficie y de que el eco, al regresar, se dispersaba muchísimo por el aire, las cualidades acústicas del agua y las del cuerpo del pez, el cual un 80 por ciento lo constituye el agua, unían gran semejanza, y los sonidos, emitidos por el murciélago, en realidad no deberían reflejarse del cuerpo del pez. Así ocurre en la realidad. Resulta que para el murciélago los peces son totalmente "invisibles". Pero estos últimos poseen vejigas natatorias, llenas de gas, que son las que descubren al pez. Los murciélagos, sondeando con el localizador el espesor del agua, los detecta fácilmente.

Sobre todo son grandes especialistas en ecolocalización las ballenas y las focas de las regiones polares, quienes durante la mayor parte del año tienen que conseguir peces debajo del hielo, cubierto, además, por una gruesa capa de nieve. En las largas noches polares ni siquiera la aurora boreal puede alumbrar el reino submarino. Es natural que haya que recurrir a la ayuda de los oídos.

Los ratones de monte, las musarañas y muchos otros animales también emplean la localización, aunque nosotros no podemos oír estos sonidos.

Quien haya tenido la posibilidad de observar a los murciélagos en cautiverio, seguramente habrá notado que el quiróptero, encontrándose en estado de reposo, jamás emprenderá el vuelo de repente. Antes de desprenderse de la base, el murciélago, juntando los labios en forma de una pequeña trompeta, describirá en el aire con su morrito varios círculos, aumentando cada vez más su radio.

Muchos murciélagos envían el impulso localizador no con la boca, sino por medio de las fosas nasales. Los naturalistas no podían sospechar incluso que los murciélagos supiesen emitir algunos sonidos. Si nosotros poseyésemos aunque tan sólo fuesen oídos, igual que los del perro, podríamos oír algo. Pues los vampiros que atacan a la gente, a los caballos y a otros animales domésticos, rara vez saborean la sangre de perro. Por lo visto, los impulsos localizadores del vampiro despiertan a los perros y éstos no se dejan atacar.



## Capítulo 8

### REFRIGERADOR INDIVIDUAL

#### **Contenido:**

1. *Una glándula extraña*
2. *El trabajo de las circunvoluciones cerebrales*
3. *La tardanza equivale a la muerte*
4. *Cuando en nuestra cabeza tenemos franceses*
5. *Los científicos suponen, los científicos dudan*
6. *Engañador atrevido*
7. *Hastío*
8. *El problema de ser negro*

#### **1. Una glándula extraña**

Cuando se leen las obras de los sabios antiguos, siempre nos sorprende la gran cantidad de descubrimientos científicos que se lograron hacer a través de simples observaciones y mediante ulteriores suposiciones. Hace dos mil años los científicos y los médicos ya poseían conocimientos bastante profundos respecto al funcionamiento de una gran parte de los órganos del cuerpo humano. Sin embargo, ellos ni siquiera sospechaban de la verdadera función que desempeñaba el encéfalo. Es para reír, pero Aristóteles, célebre filósofo griego que vivió en el siglo IV a.n.e. opinaba que el cerebro era tan sólo una glándula grande, destinada a enfriar la sangre. Hoy día ya conocemos exactamente que éste no es un refrigerador; sabemos para qué hace falta la llamada "glándula"; en cambio, todavía se desconoce su funcionamiento.

Antes de transformarse en cerebro humano, el sistema nervioso tuvo que recorrer un largo camino de desarrollo. Este comenzó por el océano prístino, cuando distintas biomoléculas sueltas comenzaron a unirse, por fin, en bolos de substancia viva. Estas partículas vivas primarias y tras ellas, otros organismos unicelulares más complejos que comenzaron posteriormente a vivir en grandes colonias, poseían dos cualidades principales, irritabilidad y conductibilidad; o sea, la propiedad de transmitir la excitación a las moléculas vecinas.

Más tarde en los animales multicelulares empezó a notarse la división de las funciones. En los celentéreos fue donde por primera vez surgieron unas formaciones especiales - las células nerviosas, cuya irritación y conductibilidad alcanzó un alto grado de desarrollo. Su función se había convertido en una percepción más fina de la influencia del medio exterior y en la transmisión de la irritación a aquellas células u órganos, capaces de responder mediante una reacción útil para el organismo.

Las células nerviosas de los celentéreos primitivos, uniéndose entre sí a través de sus apófisis, formaron una red nerviosa. Este era el sistema nervioso más primitivo. Un perfeccionamiento ulterior se produjo con la aparición de la condensación de ciertas células nerviosas y luego su transformación en unos cordones nerviosos más organizados y más compactos. Estos surgieron en los lugares donde se necesitaba la coordinación de un gran número de elementos contráctiles. Estas condensaciones forman los anillos nerviosos que pasan por los bordes de la cúpula de la medusa. Gracias a ellos se contrae y se relaja de repente toda la cúpula, lo que permite a la medusa moverse activamente en el grosor del agua.

En los vermes planos, descendientes de los celentéreos, todas las células nerviosas están reunidas en cordones, que cubren todo el cuerpo, creando dibujos complicados. Los numerosos puentes entre los cordones y las intersecciones directas de los propios cordones aseguran el funcionamiento de todo el sistema nervioso. Indudablemente, la red difusora de los cordones nerviosos era un paso hacia adelante en comparación con la red de células nerviosas, dispuestas desordenadamente. Sin embargo, este sistema nervioso troncal, que dirige el trabajo de las distintas partes y órganos del animal, resultó ser muy voluminoso, complejo y, además, él mismo necesitaba un órgano que dirigiese su trabajo.

Este órgano apareció por primera vez en los representantes superiores de los vermes planos. En algunas partes de la intersección de los troncos nerviosos aumentaba la cantidad de células nerviosas; se formaron ganglios, que no sólo tomaron en sus manos las funciones más complejas, sino que influían también en el trabajo de las demás partes del sistema nervioso. Los ganglios surgen primeramente cerca de los órganos de los sentidos: los ojos y los órganos del equilibrio, así como cerca de la faringe, con cuya ayuda los vermes planos agarran, sujetan y empujan a la presa hacia el intestino.

El tipo ganglionario del sistema nervioso resultó, ser muy cómodo. En los anélidos, que por lo visto precedieron de los vermes planos, todas las células nerviosas se concentran en los ganglios, mientras que por las uniones de los troncos nerviosos sólo pasan largas prolongaciones de estas células. Por lo general, en cada segmento del gusano sólo hay un par de ganglios, unidos entre sí por medio de un puente. Además, mediante el tronco nervioso cada ganglio está unido a los ganglios correspondientes del segmento anterior y posterior. Este sistema nervioso hace recordar mucho a una escalera - los ganglios pares delanteros son los más grandes. Estos desempeñan la labor más complicada y mantienen subordinada a toda la cadena nerviosa restante.

En los vermes superiores los ganglios se aproximan entre sí, creando una formación compacta. Semejante sistema nervioso hace recordar, en parte al sistema nervioso de los animales vertebrados contemporáneos.

Nosotros desconocemos cómo era el encéfalo de los primeros vertebrados. El anfioxo, vulgarmente llamado lancilla, uno de los más antiguos representantes de los cordados, sólo posee un tubo nervioso y no tiene aún encéfalo. Esta sección del cerebro puede verse en los ciclóstomas (la lamprea y el myxine) y en los peces.

El encéfalo de estos animales tan antiguos ya posee todas las secciones fundamentales, en las que se subdivide, a su vez, el encéfalo humano. Las secciones son las mismas, pero su estructura y las funciones, claro está, se diferencian esencialmente. El prosencéfalo es el principal organizador de la actividad psíquica del hombre; en los peces y las lampreas sólo se ocupa de analizar las irritaciones olfatorias. En los anfibios sus funciones se complican un poco.

Al abandonar el agua, los anfibios tropezaron con muchas dificultades. En particular, sufrió mucho el olfato. Los peces perciben los olores de las sustancias disueltas en el agua. Los anfibios, al salir a tierra firme, para captar algún olor, primero tenían que disolver las sustancias olorosas en algún líquido nasal y sólo después las "olían". Sus receptores olfatorios no pudieron adaptarse de repente a las nuevas condiciones de trabajo, el prosencéfalo, al no recibir información alguna, no podía desempeñar ninguna función. Por lo visto, eso fue lo que le obligó a cumplir otra labor, pues, ¡no se podía estar sin hacer nada! El prosencéfalo del anfibio comenzó a participar en el análisis de los irritantes ópticos, auditivos y, posiblemente, en otros

muchos. Por primera vez aparecía la sección del encéfalo, a donde ingresaba toda la información.

Sobre todo progresaba muy rápidamente el encéfalo de los mamíferos. En primer lugar, aparecieron zonas, aunque mal contorneadas aún. Cada una de éstas comenzó a desempeñar una función, que consistía en analizar alguno de los irritantes: ópticos, auditivos, olfatorios y de sensibilidad cutánea. Entre las zonas analizadoras de los mamíferos más desarrollados aparecieron unas pequeñas islas de una corteza especial, llamada asociativa. A medida que se desarrollaba el encéfalo, estas zonas iban creciendo y desarrollándose. Las del mono y las del hombre ocupan una parte considerable de la superficie de los hemisferios cerebrales. No es difícil comprender que precisamente éstas son las que desempeñan las funciones psíquicas más complejas, puramente humanas.

## **2. El trabajo de las circunvoluciones cerebrales**

El cerebro humano es lo más maravilloso de todo lo creado por la naturaleza en nuestro planeta. Ante su vasta complejidad la ciencia cedía incluso hasta el siglo XX. Los primeros logros importantes en el estudio del funcionamiento del cerebro pertenecen a Iván Petróvich Pavlov, eminente sabio ruso, y a sus numerosos discípulos. El éxito se debe a que desde un principio se estudiaba el fenómeno, que, por una parte, podía examinarse como un simple hecho fisiológico y, de esa manera, investigarse por medio de métodos fisiológicos, y por otra parte, era al mismo tiempo un fenómeno psíquico. Además, según se determinó más tarde, este era el hecho psíquico elemental, era ese "ladrillito", con los cuales, como se expresara I. P. Pavlov, se construye todo el grandioso edificio de la actividad mental. Este fenómeno se denominó reflejo condicionado.

No se puede decir que la ciencia sobre la actividad del reflejo condicionado del cerebro fuera reconocida generalmente y de repente. Los científicos de la generación mayor aún recuerdan aquellos tiempos, cuando todavía eran pocos los que tenían fe en la posibilidad de comprender el funcionamiento extraordinariamente complejo del cerebro humano. Desde entonces la situación ha cambiado muchísimo. Hoy día es difícil encontrar una persona que no crea en eso. Sin embargo, todavía hay muchos que desconfían de que la actividad mental se

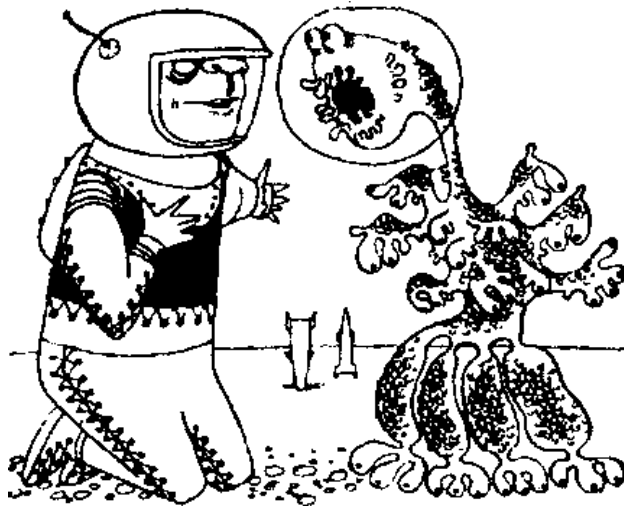
base solamente en los sistemas de reflejos condicionados (o relaciones temporales); es decir, reacciones extraordinariamente simples del organismo.

Es indudable que nuestro cerebro posee aún muchos mecanismos desconocidos, los cuales aseguran la actividad mental, pero su eje son los sistemas y 1a jerarquía de los reflejos condicionados.

A cualquier célula del cuerpo, y tanto más a las de los organismos unicelulares, en cierta medida les es propio conservar las huellas de las irritaciones antiguas y variar sus reacciones en concordancia con las influencias precedentes, o sea, elaborar relaciones temporales. Esta función está expresada de una manera más clara en las

células nerviosas, y la aparición de éstas llega a ser la prerrogativa del aparato nervioso.

Las relaciones temporales se forman cuando coinciden en tiempo dos acontecimientos: uno importante y el otro insignificante para el organismo. Si el perro antes de recibir la comida, oye con regularidad el tintineo de la escudilla, al cabo del tiempo el reflejo condicionado aparecerá en él y estos



sonidos comenzarán a provocar el sialismo y otras reacciones, que antes sólo podía producirlo la comida.

Los reflejos condicionados es un conjunto de conocimientos elementales acerca de la realidad ambiental. En los reflejos condicionados se reflejan las principales regularidades, que son características para el medio donde se encuentra el animal. Después de repetirse varias veces el tintineo de la escudilla y la toma de alimento, en el animal aparece el reflejo condicionado, esto significará que él ha "notado" la correlación entre ambos fenómenos y ahora el irritante condicionado (el tintineo de la escudilla) es como si fuese la señal del segundo irritante y por eso puede incitar las mismas reacciones del organismo, las cuales antes eran producidas por la propia comida.

La actividad de señales (formación de relaciones temporales) es un fenómeno propio de todos los animales de nuestro planeta. Es más, puede pensarse que este principio posee un carácter más universal, igualmente aplicable para cualquier animal de cualquier planeta y de cualquier sistema sideral. Hay todas las razones para suponer que la formación de las relaciones temporales se refiere a las leyes más importantes, más generales, de la naturaleza y que es igualmente propia para cualquier forma de materia altamente organizada. Es indudable que las propiedades de las relaciones temporales pueden variar.

Los animales de nuestro planeta poseen una magnífica adaptación o habituación, que les ayuda comprender el medio ambiente, a acumular durante toda la vida nuevos conocimientos. Esta habituación está en parte relacionada con la función de los órganos de los sentidos. Estos están contruidos de tal manera que puedan "acostumbrarse" muy pronto a los irritantes que actúan durante un tiempo prolongado, desarrollando la facultad de no hacer caso de ello; en cambio, responden enseguida a todo lo nuevo.

Es posible que todos conozcan el fenómeno siguiente. Cuando entramos en un local percibimos un olor bastante penetrante e, incluso, desagradable, pero al cabo de varios minutos éste deja de molestarnos. Nuestra nariz se acostumbra y cesa de enviar al cerebro la información correspondiente. Sin embargo, sólo tenemos que abandonar el local por unos instantes y luego volver a entrar en él, para que todo comience de nuevo.

Gracias a esta particularidad de la actividad de los órganos de los sentidos, el cerebro siempre está recibiendo información acerca de los nuevos acontecimientos que suceden en el medio ambiente. Cada nuevo irritante provoca, además, un reflejo de orientación, que ayuda al organismo a estar preparado para enfrentarse contra cualquier sorpresa. Si inmediatamente después de un nuevo irritante, el cual no suponía para el animal importancia esencial, suceden grandes acontecimientos y entonces se produce el reflejo condicionado, el nuevo irritante se convierte en señal de la llegada de un acontecimiento más considerable.

Indudablemente, con la formación de simples relaciones temporales no se agota la función del encéfalo humano. En los reflejos condicionados alimenticios, defensivos, sexuales y otros de los animales inferiores se percibirán solamente las regularidades

del medio ambiente más importantes para el organismo. En una determinada etapa del desarrollo del mundo animal (en los reptiles en parte y, principalmente, en las aves y los mamíferos) surgió la propiedad de crear relaciones temporales al actuar cualquier irritante, incluso sin tener para los animales una importancia inmediata. Esto amplió considerablemente los límites de la actividad cognoscitiva del encéfalo, pues en tales relaciones temporales puede adquirir reflejo cualquier regularidad del medio ambiente.

En efecto, mediante la aparición de numerosas relaciones temporales entre los distintos irritantes o sus complejos se crean en nosotros las imágenes del mundo circundante. Estos sistemas de relaciones temporales que por lo general no se manifiestan en las reacciones exteriores, comenzaron a ser el fondo principal de la actividad mental del hombre. Cualquier irritante, que forme parte de estos complejos, es capaz de vivificar las largas cadenas de las relaciones temporales correlacionadas.

Nuestra propiedad de formar relaciones temporales es común con la de los animales. En este sentido más bien nos distinguimos de ellos en sentido cuantitativo, que en sentido cualitativo. El lenguaje hizo al hombre. Para los animales sólo pueden ser señalizadores los irritantes directos: los olfatorios, los gustativos, los térmicos, los acústicos y los ópticos. Para el hombre, además de estos irritantes, como si los sustituyesen y se hiciesen sus señales (por eso, precisamente, los científicos llaman al lenguaje el segundo sistema de señales), sirven las palabras correspondientes de nuestro lenguaje, no importa de la manera que las percibamos: en voz alta, visualmente (lenguaje escrito), en forma táctil (alfabeto para los ciegos), y cuando el lenguaje es interno, cinéticamente (la sensación que se produce en los músculos de la lengua y de la faringe cuando hablamos).

El lenguaje da al hombre dos preferencias esenciales. Primero; permite transformar de una manera cualitativamente nueva la información recibida. En el reflejo condicionado simple ya está concluido el alto grado de generalización y al mismo tiempo la abstracción de la realidad. Cuando el perro oye el tintineo de la escudilla, en él se produce el reflejo incondicionado alimenticio y esto significa que el sonido parece que se generaliza con el alimento. Al mismo tiempo hay una clara

abstracción de la realidad, pues el sonido, aunque haya adquirido la propiedad de provocar reacción alimenticia, con eso no llegó a ser un alimento.

Los irritantes del segundo sistema de señales - las palabras - aseguran un grado mucho más alto de generalización y abstracción, que los irritantes del primer sistema de señales. La aparición del lenguaje creó condiciones, las cuales permitieron al hombre, en vez de las imágenes y los complejos de irritantes, operar con nociones, lo que simplificó y amplió mucho las posibilidades del proceso cognoscitivo.

Segundo; el lenguaje humano participa en la formación de las relaciones temporales. Es más, con la ayuda del segundo sistema de señales transcurre la formación de la gran mayoría de las relaciones temporales humanas y, además, sin la participación de los irritantes habituales. El hombre no tiene necesidad, como los animales, de conocer cada vez personalmente este o aquel fenómeno. Las relaciones temporales se forman incesantemente en nosotros con la ayuda del lenguaje. Esto creó condiciones para transmitir de una persona a otra los conocimientos, reduciendo considerablemente el tiempo necesario para conocer las principales regularidades del medio ambiente. La invención de la escritura simplificó aún más este proceso, el contacto personal de la gente no era obligatorio, se podía conservar durante mucho tiempo los conocimientos acumulados y transmitirlos no sólo de una persona a otra, sino también de una generación a otra.

### **3. La tardanza equivale a la muerte**

Hace cerca de 30 siglos en la Península de Peloponeso, la parte más meridional de la Grecia actual, existía el poderoso y belicoso estado de Esparta. A la cabeza de éste, igual que en muchos otros países de aquella época, se encontraba un rey. Una vez el trono de Esparta lo heredó el joven Carilao, que aún era menor de edad. Por causas totalmente comprensibles, el rey no tenía autoridad y el país lo gobernaba Licurgo, que era su tío y tutor. En este puesto tan alto Licurgo tenía muchos enemigos y más tarde se vio obligado a abandonar Esparta.

Los años de exilio no los perdió en vano, en este tiempo pudo observar y reflexionar sobre muchas cosas. Licurgo recorrió Asia Menor y Egipto, visitó Chipre y de regreso a su patria trajo un proyecto de nuevas leyes para el país. De acuerdo con éstas, el



poder real de Esparta debía de pasar por herencia; además, el país tenían que dirigirlo dos reyes a la vez, asesorados por el Consejo de Decanos, compuesto por 28 gerontes. Es más, los problemas más importantes deberían discutirse en reuniones populares, donde los ciudadanos que hubiesen cumplido los 30 años de edad tenían derecho de voz. Las leyes de Licurgo: preveían la igualdad de bienes para todos los ciudadanos del país y otras muchas innovaciones democráticas.

La leyenda dice que Licurgo obligó a los espartanos a que jurasen no traicionar las leyes mientras él estuviese ausente. Luego emprendió un nuevo viaje, durante el cual se mató concienzudamente de hambre, y ordenó quemar su cadáver y esparcir las cenizas en el mar: de no ser así los espartanos podrían transportar sus restos a Esparta y entonces se considerarían libres del juramento solemne que habían dado.

Sin lugar a dudas, la mayoría de las leyes de Licurgo se consideran un modelo de la sabiduría humana. Para nosotros lo más importante es que dichas leyes prestaban gran atención al desarrollo físico de la gente, en base de lo cual se regulaba, hasta en los más pequeños detalles el modo de vida de los ciudadanos de Esparta. Las leyes de Licurgo limitaban la propiedad privada, obligaban a los habitantes del país llevar un modo de vida saludable y moderado. Cada espartano estaba obligado a ser militar hasta la muerte, participar activamente en todas las campañas militares de su Estado: no tenían derecho a preocuparle mucho de su modo de vida; sólo podían comer en los comedores públicos y educar a sus hijos hasta los 7 años en escuelas estatales, que estaban dirigidas por expertos educadores. Como se sabe, la rigurosa educación espartana se convirtió en proverbio.

Licurgo no sólo pudo crear y fundamentar la teoría de la educación, sino también propagar con sabiduría sus ideas. Las leyendas cuentan que una vez él le quitó a una perra dos cachorros y los metió en un hoyo profundo, a donde nadie podía entrar. La comida y el agua se bajaban con una cuerda. Otros dos cachorros de esa misma perra Licurgo los dejó que viviesen en libertad y ellos podían comunicarse con la gente y con los animales. Cuando los cachorros crecieron, Licurgo, en presencia de una gran multitud, realizó un experimento muy interesante: soltó una liebre a la vista de estos perros. Como esperaba Licurgo, uno de los cachorros, que había crecido en libertad, comenzó a perseguir a la liebre, la alcanzó y la degolló. La conducta del cachorro que había crecido en el pozo fue totalmente distinta. En vez

de ayudar a su hermano, él mismo corrió huyendo de la liebre. ¿Es posible demostrar de otra manera más convincente la importancia que tiene la educación en la formación del carácter? Si la leyenda es verdadera, a Licurgo se le debe considerar como el fundador de la pedagogía experimental.

Sería absurdo decir que Licurgo no tuviese sucesores. Los científicos y los pedagogos ya hace tiempo que prestaron atención a la importancia que tienen los primeros años de vida del niño en la formación del carácter de la futura persona. En nuestros días también hay partidarios de Licurgo, aunque ningún estado contemporáneo se haya arriesgado a legalizar la educación coercitiva de los niños menores de edad. No obstante, esto es muy lamentable.

¡Qué padre es capaz de no querer a su hijo, de no protegerlo de las dificultades de la vida, de los peligros, de las desdichas, de las enfermedades y del cansancio! Además, ¿acaso se podría actuar de otra manera? El amor hacia el niño es un sentimiento tan natural y tan comprensible, que simplemente no podríamos comportarnos de otra manera. Lo malo es que la mayoría de los padres con frecuencia exageran tanto, que con esto perjudican al ser más querido para ellos.

Los experimentos con las ratas jóvenes, que en los primeros días de su vida fueron sometidas a irritaciones mecánicas y eléctricas o a enfriamiento periódico, demostraron que al llegar al estado adulto soportaban mejor el hambre, la escasez de agua y el frío. Influyendo en el organismo de las crías de los animales domésticos, se logra variar toda una serie de funciones del organismo. En la práctica es de uso amplio la ubicación de los terneros, corderitos o cabritos recién nacidos en un medio que tenga baja temperatura, lo que conduce a la formación de un tipo estable de termorregulación y de gran resistencia al frío en los animales adultos.

Algo parecido no afectaría a nuestros hijos. Pero nosotros no es que sólo no los forjamos, sino que con frecuencia no les dejamos aprender impidiéndoles que superen independientemente las dificultades vitales más insignificantes. Por lo común, al niño se le protege de todo, pensando que todo lo puede aprender después, a "su debido tiempo", cuando crezca y tenga juicio. Y eso es verdaderamente terrible. Dan ganas de gritar: ¡Buena gente, abuelos y abuelas,

padres, qué hacen con sus hijos! ¿Para qué les molestan desarrollarse normalmente?

La inquietud no es casual. El problema está en que existe un tiempo totalmente determinado para realizar la educación del niño, o sea, cuando es más fácil la adquisición de este hábito, y con frecuencia ocurre que dicho hábito ya es completamente imposible adquirirlo en otro período.

A los padres y a los educadores les haría falta recordar los versos de Omar Jaillán:

*¡Capten cada instante volador,  
Que ya no se podrá acechar nunca más, jamás!*

Verdad es que sabemos aún muy poco acerca del desarrollo de los niños; en cambio, se ha reunido bastante material referente a los animales. Todas las crías de éstos, tanto inferiores como superiores, poseen, en el mismo grado, un programa muy preciso y detallado de la conducta. Sin éste los mamíferos no podrían existir. Las crías de todos los mamíferos saben mamar; los pajarillos, abrir desmesuradamente el pico para que sus padres puedan alimentarlos. Los patitos, los ansarinos, los pollos y las crías de muchos animales ungulados, desde que nacen saben ir detrás de su madre y en caso de peligro pueden esconderse.

Todos estos actos complejos de la conducta no surgen de por sí solos; son provocados por irritantes totalmente determinados. En las crías de los felinos (leones, tigres y gatos), así como en los pequeñuelos de los caninos (cachorros, lobeznos y zorritos) la succión se produce rozando el morrito con la lana. El oscurecimiento provoca en las crías de los ungulados el levantamiento de la cabeza y el amamantamiento. En las condiciones naturales esto sucede cada vez que la madre se encuentre encima de su cría. El oscurecimiento de la entrada del nido o una ligera sacudida del mismo provoca la reacción alimenticia en los polluelos. Un grito de alarma de los padres y las crías se ocultan.

La naturaleza ha elaborado programas detallados de conducta para cada especie, pero en éstos ha dejado conscientemente numerosos claros. En el programa de la conducta de las crías de los musmones está inculcada la habilidad de seguir al objeto en movimiento, pero en éste falta la indicación, tras de quién él tiene que correr. Esto no es una casualidad, pues si el programa estuviese estrictamente

fijado en todos sus detalles, entonces resultaría imposible, la evolución ulterior de los animales.

Imagínese usted que en los musmones se produjeran acertadas mutaciones, las cuales condujeran a la alteración del colorido general o de algunos de sus detalles, el largo de la lana o el tamaño del animal. Estas nuevas cualidades no se podrían heredar si el musmón recién nacido estuviese previsto de antemano con el retrato de su madre. A una madre tan desfigurada simplemente no podría reconocerla, no la seguiría, lo que significaría que la cría perdería a la madre y se moriría. Por consiguiente, el síntoma útil no sería heredado. -Precisamente, para que no ocurra esto, la cría del musmón tiene que aprender ella misma a reconocer a su madre. Sin duda alguna, tal habilidad deberá surgir rápidamente, pues en semejante caso la tardanza equivaldría a la muerte. Y en efecto, esta habilidad surge por decirlo así, al instante, y dura mucho, a veces toda la vida.

Tal método de aprendizaje los científicos lo llaman impresión y ocurre en un tiempo estrictamente determinado. El patito, que acaba de salir del cascarón, reconoce como madre al primer objeto que vea en movimiento e irá detrás de él independientemente de lo que sea: un pato, un balón, un perrito o un juguete mecánico. Si el patito tiene que ir detrás del objeto móvil durante las primeras 5 ó 6 horas de su vida, en él aparecerá un notable afecto hacia la madre natal o adoptiva, pero este efecto no será muy duradero. La impresión más duradera surge entre las 13 y las 17 horas. En cambio, en una edad más avanzada, cuando el patito tenga 30 horas, la impresión ya será imposible e, incluso, estando los padres vivos, el pequeñuelo se quedará huérfano para toda la vida.

El seguimiento es una reacción muy compleja. La cría no sólo tiene que correr detrás de sus progenitores, sino acompañarles a una distancia determinada para poder ver a su madre bajo el ángulo necesario. Por eso si la madre adoptiva del ansarino es un objeto mucho mayor que la gansa, la cría la seguirá a una distancia considerable. Y por el contrario, si la madre adoptiva es un objeto minúsculo, el ansarino correrá casi pegado a ésta.

En este sentido es muy interesante el experimento que hizo Corvado Lorenzo, eminente zoólogo austríaco. Este científico se hizo madre de los ansarinos. Mientras Lorenzo paseaba por el jardín, las crías le seguían a una distancia bastante grande,

pero tan pronto entraba en el estanque y comenzaba a sumergirse poco a poco en el agua, los gansitos se acercaban más a él y cuando sobre el agua solamente se veía la cabeza, procuraban encaramarse en ésta, talmente determinados. En las crías de los felinos (leones, tigres y gatos), así como en los pequeñuelos de los caninos (cachorros, lobeznos y zorritos) la succión se produce rozando el morrito con la lana. El oscurecimiento provoca en las crías de los ungulados el levantamiento de la cabeza y el amamantamiento. En las condiciones naturales esto sucede cada vez que la madre se encuentre encima de su cría. El oscurecimiento de la entrada del nido o una ligera sacudida del mismo provoca la reacción alimenticia en los polluelos. Un grito de alarma de los padres y las crías se ocultan.

La naturaleza ha elaborado programas detallados de conducta para cada especie, pero en éstos ha dejado conscientemente numerosos claros. En el programa de la conducta de las crías de los musmones está inculcada la habilidad de seguir al objeto en movimiento, pero en éste falta la indicación, tras de quién él tiene que correr. Esto no es una casualidad, pues si el programa estuviese estrictamente fijado en todos sus detalles, entonces resultaría imposible, la evolución ulterior de los animales.

Imagínese usted que en los musmones se produjeran acertadas mutaciones, las cuales condujeran a la alteración del colorido general o de algunos de sus detalles, el largo de la lana o el tamaño del animal. Estas nuevas cualidades no se podrían heredar si el musmón recién nacido estuviese previsto de antemano con el retrato de su madre. A una madre tan desfigurada simplemente no podría reconocerla, no la seguiría, lo que significaría que la cría perdería a la madre y se moriría. Por consiguiente, el síntoma útil no sería heredado.- Precisamente, para que no ocurra esto la cría del musmón tiene que aprender ella misma a reconocer a su madre. Sin duda alguna, tal habilidad deberá surgir rápidamente, pues en semejante caso la tardanza equivaldría a la muerte. Y en efecto, esta habilidad surge por decirlo así, al instante, y dura mucho, a veces toda la vida.

Tal método de aprendizaje los científicos lo llaman impresión V ocurre en un tiempo estrictamente determinado. El patito, que acaba de salir del cascarón, reconoce como madre al primer objeto que vea en movimiento e irá detrás de él independientemente de lo que sea: un pato, un balón, un perrito o un juguete

mecánico. Si el patito tiene que ir detrás del objeto móvil durante las primeras 5 ó 6 horas de su vida, en él aparecerá un notable afecto hacia la madre natal o adoptiva, pero este efecto no será muy duradero. La impresión más duradera surge entre las 13 y las 17 horas. En cambio, en una edad más avanzada, cuando el patito tenga 30 horas, la impresión ya será imposible' e, incluso, estando los padres vivos, el pequeñuelo se quedará huérfano para toda la vida.

El seguimiento es una reacción muy compleja. La cría no sólo tiene que correr detrás de sus progenitores, sino acompañarles a una distancia determinada para poder ver a su madre bajo el ángulo necesario. Por eso si la madre adoptiva del ansarino es un objeto mucho mayor que la gansa, la cría la seguirá a una distancia considerable. Y por el contrario, si la madre adoptiva es un objeto minúsculo, el ansarino correrá casi pegado a ésta.

En este sentido es muy interesante el experimento que hizo Conrado Lorenzo, eminente zoólogo austríaco. Este científico se hizo madre de los ansarinos. Mientras Lorenzo paseaba por el jardín, las crías le seguían a una distancia bastante grande, pero tan pronto entraba en el estanque y comenzaba a sumergirse poco a poco en el agua, los gansitos se acercaban más a él y atando sobre el agua solamente se veía la cabeza, procuraban encaramarse en ésta.

Pueden citarse numerosos ejemplos, donde queda demostrado que la pérdida del tiempo más favorable para el aprendizaje es pernicioso para toda la vida ulterior del animal. Si un corderito queda huérfano desde la tierna infancia, al convertirse en adulto éste no podrá reunirse con el rebaño, no estará en condiciones de someterse a sus leyes, no entrará en contacto con los semejantes a él y jamás tendrá familia; es decir, se convertirá en un animal inútil. Los ovejeros australianos conocen muy bien esta particularidad y matan despiadadamente a los corderitos huérfanos.

Otro ejemplo no menos impresionante es el perro, el primer animal que domesticó el hombre y nuestro amigo más desinteresado y fiel. Por lo visto, acerca de esto no puede haber dos opiniones. No en vano M. Gorki escribía:

*Sabemos que con frecuencia el perro  
es más honrado que el amigo querido ...*

¿Creen ustedes que la amistad surgió en el proceso del contacto milenario con la gente? Nada de eso. Nuestra amistad con el perro la debemos, en gran parte, a ese mismo fenómeno de impresión. Si el cachorro crece sin tener contacto acústico, óptico y olfatorio con el hombre, podría crecer, en el mejor de los casos, un lobo bien amansado. Este perro jamás podría confiar en el hombre y ya no sería su amigo.

El perro jugó un papel muy importante en la formación del hombre, papel que es difícil de sobrestimar, llegando a ser el primer ayudante del hombre. Si el perro no poseyera esta cualidad maravillosa, mediante la cual aún siendo cachorro, puede establecer contacto con sus semejantes y con animales de otras especies, sería difícil imaginarse en cuánto tiempo se retrasaría el desarrollo de la sociedad humana. Según la justa expresión de Modesto Bogdanov, eminente zoólogo ruso, el perro fue precisamente quien hizo entrar al hombre en comunidad.

En los animales muchas costumbres se crean a través de vías muy difíciles y por eso con frecuencia nos parecen que son congénitas. Nadie le enseña al pájaro a construir su nido, sin embargo, si criamos pajarillos en una jaula con varitas lisas y bien acepilladas, ellos jamás podrán ser buenos constructores. Otra cosa sería si las varitas en la jaula fueran sustituidas por ramos ásperos y torcidos y por gajos cortados de los árboles. Saltando todo el día por éstos, los pájaros perfeccionarán sus finos y bien coordinados movimientos de las patas, que posteriormente les ayudará mucho durante la construcción del nido.

Un fenómeno análogo sucede cuando los pájaros aprenden a cantar. La habilidad para el canto es una reacción congénita, sin embargo, para que el pájaro aprenda a cantar bien, tiene que oír, aunque sólo sea una vez, la voz de sus parientes. Sin esto, al pájaro que haya crecido solo no le saldrá el trino verdadero, propio de su especie. Probablemente, el aprendizaje del canto sea también la presentación de la impresión.

Algunos peces salen de las huevas depositadas en estanques de agua dulce, en ríos y en lagos que están unidos a éstos, para quedarse allí a pasar la infancia. Cuando les llega la adolescencia bajan al mar, abandonando los ríos natales, y hasta se alejan a miles de kilómetros de las costas paternas, donde a veces se pasan largos años de su vida, para regresar de nuevo cuando les llegue la edad viril. ¿Cómo

encuentran el camino en el océano? Este es un problema especial, poco estudiado; además, no tiene relación directa con este capítulo. Los científicos solamente saben cómo los peces reconocen su río natal; por qué al remontarlo, tuercen con seguridad hacia aquel afluente donde pasaron la infancia, y después hacia el arroyo, donde en tiempos pasados salieron de las huevas. Resulta que cada río tiene su olor. Este olor, por lo visto, depende de las plantas y de los animales que viven en él. De la combinación de estos componentes se crea el inconfundible buqué, característico única y exclusivamente para el riachuelo dado. Los peces pueden recordarlo durante años, siendo esto uno de los vivos ejemplos de la impresión.

En la vida de nuestros hijos también hay períodos, durante los cuales se forman mejor los hábitos principales. Los científicos suponen que los fenómenos de la impresión están relacionados con los mecanismos cerebrales de la reacción de la sonrisa en los niños lactantes. .

Los niños sólo aprenden a hablar durante los primeros seis años de su vida. Al parecer, esto ya lo sabían en la antigüedad. En todo caso, Heródoto cuenta que el faraón, fundador de la duodécima sexta dinastía de los Psaméticos, que vivió hace 25 siglos, decidió saber cuál pueblo era el más antiguo. Con este fin ordenó entregar a dos niños recién nacidos de padres villanos a un pastor, para que éste los educase. Al pastor le fue prohibido hablar, terminantemente, en presencia de los niños y que se acercasen a ellos personas ajenas. Los niños deberían vivir en una cabaña retirada, abandonados a su propia suerte, y sólo el pastor, en compañía de sus cabras, tenía derecho a visitarles en horas estrictamente determinadas, para alimentarlos con leche y hacer todo lo que les fuera necesario. Este despiadado experimento lo hizo Psamético para saber en qué idioma pronunciarían los niños la primera palabra. Eso significaría qué pueblo sería el más antiguo.

20 siglos después un experimento análogo, sólo que en mayor escala, lo puso Jelhal-ud-Din Akbar, emperador de la India. Este tuvo una disputa con sus cortesanos acerca de cuál era el idioma en que hablaban los "primeros hombres". Akbar obró igual que Psamético, ordenando quitarles a las madres 12 niños recién nacidos y situarles en una torre aislada. Para que los niños no se muriesen, Akbar ordenó que les atendiesen nodrizas mudas. Durante 12 años los niños no deberían oír ni una sola palabra.



Al final de dicha período Akbar decidió someterlos a un examen público. Para esto, en calidad de expertos fueron invitadas personas que dominaban distintos idiomas: hebreos, persas, hindúes, árabes, caldeos y muchos otros. No obstante, no se logró obtener el resultado premeditado: los niños no sabían hablar en ningún idioma y sólo podían emitir sonidos ininteligibles. Entre ellos se expresaban por medio de gestos.

Es difícil juzgar si en la base de la leyenda, que acabamos de contar, estos acontecimientos sucedieron realmente. Los resultados permiten suponer que este cruel experimento se efectuó en realidad. Como quiera que fuese, en todos los casos conocidos por los científicos en la actualidad, los niños que crecieron sin tener contacto con las personas mayores y que fueron privados en los primeros años de su vida del contacto articulatorio, no podían hablar en ningún idioma. La ausencia del lenguaje en los llamados niños "carcelarios", por haber crecido en condiciones de un aislamiento rígido, a nadie les produce ningún asombro. Ya hace tiempo se sabe que el niño aprende el lenguaje de las personas adultas. Lo asombroso es otra cosa: más tarde estos niños tampoco son capaces de dominar el lenguaje humano y son hasta edad muy avanzada gente deficiente.

Ahora ya sabemos exactamente que el lenguaje se desarrolla durante los primeros 6 años. La pérdida de este tiempo es irreparable. Si una persona durante la infancia dominó un idioma, entonces podrá más tarde aprender el segundo, el tercero y a veces hasta decenas de idiomas. Si los años más importantes para el desarrollo de la lengua fueron perdidos, la cosa será irremediable y por muchos esfuerzos que ponga el pedagogo más experimentado, el fruto obtenido será lamentable.

A Talleyrand le pertenece el aforismo siguiente, que adquirió gran popularidad: "El hombre recibió la lengua para ocultar sus pensamientos". Este chiste, indudablemente, contiene cierta parte de veracidad, aunque la necesidad de intercambiar pensamientos, que surgió en el hombre, es congénita. Recuerden el experimento de Akbar: los niños, que durante 12 años vivieron en la torre, se expresaban entre sí por medio de gestos. Esto es una demostración más de que la leyenda está basada en un hecho real. En todo caso, cuando dos o más niños crecían juntos pero sin tener contacto articulatorio, ellos creaban siempre su propio lenguaje individual, el cual, claro está, no tenía nada común con el lenguaje

paterno, ni con otro cualquiera. Por lo general, este era un idioma de gestos y de sonidos primitivos.

En uno de los casos estudiados más detalladamente, el lenguaje improvisado de los niños se componía de 21 gestos fundamentales; con la ayuda de combinaciones y modificaciones los niños podían, prácticamente, transmitirse entre sí cualquier información accesible a su edad. Es curioso el caso de que los niños, que crearon su propio lenguaje de gestos, casi no pueden aprender el lenguaje fónico mientras que éstos se encuentran juntos, es decir, hasta el momento que se les priva de la posibilidad de comunicarse entre sí por medio del método al que ellos están acostumbrados.

La gran importancia que tienen los primeros años de vida del niño se debe a que en este período el encéfalo aún continúa creciendo. Es en este tiempo cuando se forman en definitiva las relaciones recíprocas entre sus células y el encéfalo, a consecuencia de lo cual posee una mayor plasticidad.

El niño, al comunicarse con las personas mayores, domina con facilidad y soltura la lengua materna. Si en el medio donde crece hablan en varios idiomas, el podrá también dominarlos. Si el niño no ha tenido tal posibilidad, entonces en la escuela, y más tarde en el instituto, tendrá que invertir años de gran esfuerzo y en resumidas cuentas el joven, como regla general, no llegará a dominar una lengua extranjera.

En la actualidad, los pedagogos comprenden muy bien que a medida que avanza la edad irá disminuyendo rápida y consecuentemente la posibilidad de aprender cualquier idioma extranjero. Mientras tanto, según las tradiciones creadas hace tiempo, el estudio del idioma extranjero en la escuela se comienza solamente a partir del quinto grado.

La enseñanza de un idioma extranjero en los círculos infantiles y en las casas-cunas aún no está puesto incluso en el orden del día. Entre tanto, el programa de estudio de los escolares está tan saturado, que requiere insistentemente un alivio. El aprendizaje de idiomas extranjeros es más fácil efectuarlo durante los años preescolares. Tenemos esperanzas de que nuestro país, donde se posee la red más ramificada de instituciones preescolares, sea el primero en comenzar a estudiar idiomas extranjeros en los años más favorables para esto.

#### **4. Cuando en nuestra cabeza tenemos franceses**

Elisaveta Sergeevna Drachínskaya no sólo era una mujer interesantísima y una cirujana experta, sino también una magnífica conferenciante. Apasionada caballista, que amaba abnegadamente el deporte hípico, también era una admiradora y entendida apasionada de la literatura y el arte. La erudición amplia de Elisaveta Sergeevna en todas las ramas de la ciencia hacía que sus conferencias fuesen extraordinariamente interesantes. No es de extrañar que viniesen a escucharla no sólo estudiantes, sino también profesores y médicos.

Sobre todo Drachínskaya era buena concedora de los logros culturales de Francia y simpatizaba sinceramente con el talentoso pueblo de este gran país.

En sus conferencias nunca se olvidaba de mencionar los éxitos de sus grandes sabios y no sólo de éstos. ¡A quién no mencionaba Elisaveta Sergeevna en sus conferencias! Examinando, por ejemplo, las cuestiones de la asepsia, Drachínskaya, naturalmente, se detenía en los trabajos de Luis Pasteur y de su instituto; a continuación la lógica del desarrollo del tema la conducía a la Sorbona, y aquí un inesperado viraje del pensamiento le obligaba hablar de Juan Pablo Sartre o de Luis Aragón, hallando extraordinaria conexión entre la ciencia y el arte.

Como si estuviera encantado, el auditorio escuchaba estas digresiones líricas. Tanto la conferenciante, como los oyentes, no se daban cuenta de lo pronto que transcurría el tiempo, y cuando sonaba el timbre, que significaba el final de las clases, Elisaveta Sergeevna, que se detenía a media palabra, decía un poco desconcertada: "¡Sólo tengo franceses en la cabeza!"

Este fenómeno que obliga una y otra vez a nuestro pensamiento a regresar a un mismo tema, en fisiología se llama dominante. Su esencia, hablando de una manera muy sencilla, consiste en que en el encéfalo, bajo la influencia de unas u otras causas, se produce un foco de elevada excitabilidad, el cual parece como si atrajese hacia sí todos los arrebatos e excitación que surgen en otras regiones del encéfalo, y con esto se acrecienta su actividad.

Cualquier persona, indudablemente, ha tropezado alguna vez con la dominante. Cuando estamos ocupados con una tarea interesante e importante, por ejemplo, preparándonos para los exámenes o aprendiendo un papel para una nueva representación teatral, con frecuencia es muy difícil, y a veces hasta imposible,

dirigir la atención hacia otra cosa cualquiera. Esta importantísima particularidad de la actividad encefálica nos permite concentrar, en cada etapa de la vida, todas las fuerzas para cumplir la tarea principal de este período.

Los motivos para que en la persona surja el estado dominante pueden ser tanto insignificantes, como verdaderamente grandes. Entre estos últimos están los sentimientos patrióticos con relación a la patria, la pasión por el trabajo, el amor hacia una mujer, el instinto de maternidad. Al provocarse el estado dominante, éste puede ayudar a poner de manifiesto nuestro talento, a superar cualquier obstáculo. Este amor hacia su pueblo, creando el dominante correspondiente, ayudaba a los revolucionarios a no perder el ánimo en la cárcel o en el destierro y a incorporarse de nuevo en la lucha contra el zarismo tan pronto se presentara la posibilidad. Un estado dominante similar ayudaba a los combatientes en el frente a superar el temor, a soportar el frío y el calor, el hambre y la sed, a luchar contra el cansancio mortal, entregando todas las fuerzas a la defensa de la Patria.

Claro, el estado dominante no siempre es útil. Si la causa que lo provoca es insignificante, entonces el foco dominante, orientando toda la actividad del cerebro hacia sí, impide a la persona cumplir tareas más importantes.

El estado dominante hace que la percepción del hombre sea muy unilateral. Con frecuencia se puede observar como una joven madre, donde quiera que se encuentre - en una fiesta, en el teatro durante el entreacto o en el auditorio - puede estar hablando solamente de su niño, pero a menudo en estos momentos es capaz de hacer analogías tan inesperadas con respecto a lo que acaba de ver y de oír, que a ninguna otra persona le podría venir a la cabeza.

Una dominante que exista durante mucho tiempo y que se haya conservado durante meses o años, limita enormemente el interés de la persona, haciendo su desarrollo muy irregular. Es posible que esto no sea perjudicial para la labor a la que se ha dedicado esta persona, sin embargo, como dijera Kozma Prutkov, el especialista es lo mismo que una fluxión, su llenura es unilateral. En cambio, una persona erudita, con la ayuda de un fuerte foco dominante, al que se someten puntos dominantes cada vez más débiles, es capaz de extraer de la profundidad de su cerebro gran cantidad de información útil. No es de extrañar que cada una de las conferencias de

esta clase de especialistas pueda llegar a ser un acontecimiento brillante y considerable.

La dominante pertenece a la categoría de las principales regularidades de la actividad encefálica. Su surgimiento se puede observar incluso en los animales muy primitivos, sin embargo, las causas que lo provocan son aquí mucho más simples. Estas son el hambre y la sed, el instinto de conservación y de reproducción. Además conforme a las necesidades del organismo, la fuerza de la dominante puede variar hacia uno u otro lado. Un fuerte foco de excitación dominante es capaz de deprimir o de someter a todo lo que sea más pequeño.

Tan pronto como el dueño haga un movimiento, el perro hambriento se lanza hacia la escudilla, de la que, habitualmente, le dan de comer. El perro posee dominante alimenticia. Sin embargo, este mismo perro, al hallarse en una situación nueva y desconocida, agachará el rabo y se olvidará del hambre. Ahora al oír cualquier ruido, al sentir cualquier olor nuevo o alguna otra cosa semejante, comenzará a gruñir o a enseñar los dientes. Por fin, cuando dos veces al año en el organismo de la hembra comienza a fluir en abundancia las hormonas sexuales del órgano de secreción interna, preparando al organismo para la reproducción de la generación, la perra se olvidará del miedo, del hambre y del dueño, sometiendo toda su conducta a la misión de la reproducción.

No sólo el flujo de los procesos cerebrales habituales, sino también cualquier proceso morbífico, sobre todo aquél que se localiza en la corteza de los grandes hemisferios, es capaz de originar un foco patológico de excitación dominante persistente. Semejante foco atrae hacia sí la excitación que surge en otras zonas del encéfalo, y cuando con motivo de esto su actividad supere el nivel determinado, la excitación comenzará a propagarse en orden inverso, apoderándose de los sectores cercanos. Si el foco patológico está situado en las secciones anteriores de la corteza, su sobreexcitación conducirá al desarrollo del ataque epiléptico.

Acerca de las causas que provocan el desarrollo del foco patológico de excitación, y sobre todo acerca de aquellos efectos a los que conduce su sobreexcitación, todavía no se conoce mucho, incluso en lo relacionado con el cerebro humano. En las junglas de Nueva Guinea causa grandes estragos la enfermedad "curi", que significa "muerte risible". La enfermedad sólo afecta a las mujeres y los niños. Comienza con

el debilitamiento progresivo del organismo; más tarde aparece la parálisis, después convulsiones de los músculos faciales, terminando con la muerte del enfermo. En su cara queda petrificada la máscara de la risa. Se desconoce aún la causa de la enfermedad así como también en qué regiones del encéfalo se localiza el foco patológico.

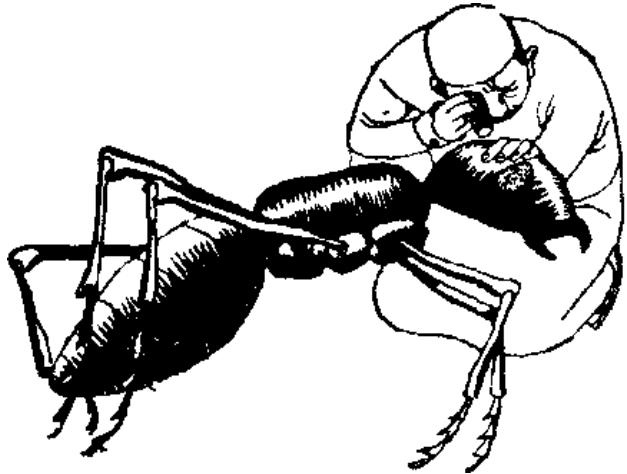
Aún conocemos muy poco acerca del funcionamiento del sistema nervioso de los animales y en lo que se refiere a los animales más inferiores puede decirse que no conocemos nada. Mientras tanto, precisamente aquí les esperan cosas interesantes a los científicos. He aquí tan sólo un ejemplo.

Nuestro ganado, las vacas y las ovejas, sufre enormemente a consecuencia de uno de los parásitos más desagradables, el dístoma lanceolado, que también es peligroso para el hombre. Este parásito se instala en el hígado y sus larvas sólo pueden vivir en el cuerpo de las hormigas. Paciendo en los pastos, el ganado se come a los insectos infectados y así las vacas y las ovejas se infectan ellas mismas. Los científicos, no pudieron comprender durante mucho tiempo cómo sucedía esto. ¿Por qué estos seres tan ágiles, como son las hormigas, permiten que se las coman vivas: También es interesante señalar, que aunque la cantidad de hormigas infectadas sea ínfima, diríamos, una enferma por cada 10 mil sanas, sin embargo, el ganado se enferma frecuentemente. ¿Cuántas hormiga tiene que comerse la vaca para que entre los insectos se encuentre aunque tan sólo sea uno peligroso? Se tenía la impresión de que el ganado en las regiones infectadas se alimentaba exclusivamente de hormigas.

Luchar contra el dístoma lanceolado es muy difícil. Incluso no siempre se logra descubrir el lugar donde se encuentran los pastos infectados. Es sumamente trabajoso y meticuloso. Para saber si la hormiga lleva en su cuerpo la larva del peligroso parásito, antes era necesario hacer la autopsia, extraer el estómago y, después de elaborar un preparado, había que buscar bajo el microscopio puntitas negras - las huellas de los canales, abiertos por las cercarias (así se llaman las larvas del dístoma en uno de sus estadios de desarrollo) en las paredes del estómago de la hormiga, cuando los parásitos lo abandonan.

Hace poco, relativamente, los científicos prestaron atención a lo que hacen las cercarias después de abandonar el estómago. Inesperadamente resultó que la

inmensa mayoría se quedaba en la cavidad abdominal, pero aunque sólo fuera una tenía que penetrar obligatoriamente en el ganglio subesofágico, que es la parte principal del sistema nervioso del insecto, y aquí, en la porción anterior del nudo nervioso, en la cavidad entre las raíces de los nervios que parten -hacia las mandíbulas de la hormiga, se transformaba en metacercaria - el último estadio de desarrollo de la larva del parásito. Hasta el momento no está claro cómo ellas se ponen de acuerdo entre sí para saber ¡que larva tiene que instalarse en el ganglio y cómo se enteran éstas de que el apartamento ya está ocupado. Mientras tanto, como podrá verse más adelante, a las cercarias les es muy necesario tener su representante en uno de los principales puestos de mando del sistema nervioso de la hormiga.



A los científicos les interesó la suerte de las hormigas infectadas, pues la aparición de un ser vivo en el cerebro del insecto tenía que ejercer influencia en su conducta. No obstante, durante mucho tiempo no se podía lograr nada. Resulta que mientras la temperatura del aire se mantenga bastante alta, es difícil diferenciar las hormigas infectadas de las sanas. Estos insectos corren por sus senderos preferidos, llevando al hormiguero comida y material de construcción, participan en todas las labores sociales. Pero tan pronto como al atardecer la temperatura comience a bajar, las hormigas - portadoras de cercarias - suben a las cimas de las plantas, se aferran a éstas con las mandíbulas y tan fuertemente, que no es nada fácil arrancárlas. En esta posición quedan inmóviles hasta la mañana siguiente, hasta que el sol no caliente la tierra. Precisamente estas entumecidas hormigas son las que come el ganado durante el apacentamiento matutino y vespertino. Cuanto más frío esté el tiempo, más prolongada será la etapa de entumecimiento y mayor será la probabilidad de contaminación del ganado.

El descubrimiento de los científicos no sólo es interesante; también es muy importante, pues observando la conducta de las hormigas, situadas en un refrigerador, se puede saber, sin dificultad alguna, si hay alguna enferma entre ellas. De hecho, en nuestros días el estudio de las enfermedades cerebrales de los animales inferiores no figura aún en el orden del día. Sin embargo, los científicos no dudan de que sea necesario prestar gran atención a esta cuestión.

## **5. Los científicos suponen, los científicos dudan**

Ante la biología moderna se plantea una tarea grandiosa: descubrir el secreto de la memoria. En este problema trabajan cientos de científicos en distintos países del mundo. En la actualidad nadie sabe aún, incluso aproximadamente, qué es nuestra memoria, dónde, en qué secciones del encéfalo conservamos nuestros recuerdos, el enorme caudal de conocimientos que van reuniéndose grano a grano durante toda la vida, y lo fundamental, cómo están allí codificados. En otras palabras, los científicos tendrán que enterarse en qué papel, con qué tinta y qué alfabeto utiliza nuestro cerebro al fijar la información que recibe.

Esto son sólo algunos de los problemas principales que presentan la memoria y ellos, al parecer, son muchos más. Por ejemplo, se han hecho tentativas para conocer cómo se efectúa la búsqueda, la selección y la extracción del "almacén" de la memoria de la información necesaria para el cerebro. Existen razones para suponer que el cerebro humano asimila bien toda la información que en él ingresa, y sólo la imperfección del mecanismo de extracción nos obliga a utilizar únicamente una parte insignificante de la información que se conserva en los almacenes encefálicos.

Todas las teorías de la memoria, que existen en la actualidad, pueden agruparse en dos primordiales.

La primera de ellas es la teoría bioquímica de la memoria. Esta admite que la información en el cerebro se codifica en moléculas de ARN, o sea, ácido ribonucleico, o en otras macromoléculas. A favor de esta teoría, en primer lugar, está el hecho de que la codificación bioquímica permite prácticamente asimilar una cantidad ilimitada de información. En segundo lugar, está un argumento más importante aún: - la naturaleza, desde los primeros momentos del origen de la vida,



ha inventado precisamente este método de almacenaje de la información, utilizándolo hasta hoy día para transmitir los comunicados de una generación a otra. Aquí se trata de la llamada información genética, o sea, de una selección de reglas y exigencias muy severas, las cuales determinan cómo tiene que ser el representante de una especie dada de organismos. Esta no sólo determina el aspecto exterior de los animales, las particularidades del funcionamiento de sus órganos internos, sino también su conducta. Pues a la hormiga león nadie le enseña a construir trampas,



cómo acechar y atrapar la presa; a la araña nadie le enseña a tejer la telaraña y a la mariposa de la col, a diferenciar el macho de su especie de los pretendientes ajenos. Todo esto son conocimientos innatos, que se han consolidado tan fuertemente como otras cualidades del organismo. No en vano Wagner, a cambio de la clasificación

morfológica de las arañas (aunque no se considere muy acertada, ya que algunas especies se parecen mucho entre sí), propuso una clasificación basada en la conducta.

Las particularidades de la conducta de los animales superiores e, incluso, del hombre, se determina en parte por la herencia. Al niño recién nacido nadie le enseña a mamar, esto es una reacción congénita del organismo. Tales reacciones, por lo visto, son muchas, aunque se conoce poco acerca de las mismas.

No hace mucho los científicos fueron sorprendidos por un caso muy curioso. Resultaba que los polluelos recién salidos del cascarón aunque estos fueran de huevos puestos por una gallina que jamás hubiese visto alguna vez aves rapaces, sabían, sin embargo, diferenciar magníficamente las aves de rapiña de las inofensivas. Cuando a los polluelos, acabados de salir del cascarón, les enseñaban la silueta móvil de un milano volando (una cabeza pequeña metida en el pescuezo, grandes alas abiertas, cola y cuerpo largo y fino), ellos se asustaban muchísimo. Si esa misma silueta la movían en dirección contraria, entonces la cola se convertía en cabeza, ensamblada en el largo pescuezo; estirado hacia delante, y la cabeza

pequeña, en una cola corta. O sea, el pájaro hacía recordar un pato o un ganso volando, y así los pollos ya no le temían.

Esto significa que en el encéfalo del diminuto polluelo se conservaba la imagen de la ave de rapiña, imagen heredada de los padres a través del código bioquímico. Y si la imagen heredada fue codificada por vía bioquímica, ¿por qué la imagen, que surgió sobre la base de la propia experiencia, no puede codificarse de la misma manera? Aquí ya se ha señalado reiteradamente que la naturaleza rara vez niega los hallazgos acertados. ¿Por qué tendría que comportarse de otra manera con relación a la memoria?

De acuerdo con la segunda teoría, el proceso de recordación consiste en crear una nueva organización, en formar nuevas conexiones entre las células nerviosas. ¿Le bastarán al hombre estos contactos nerviosos potenciales para toda la vida? ¿Acaso sea por eso que en la vejez la memoria se debilite (la posibilidad de recordar nuevos acontecimientos) como consecuencia del agotamiento de las reservas del sistema nervioso? Con respecto a esto los matemáticos no han llegado todavía a una opinión única. No obstante, si se tiene en cuenta que al cuerpo de cualquier célula nerviosa llegan varios miles de terminaciones nerviosas, entonces es admisible que la red nerviosa del encéfalo humano pueda asegurar el almacenamiento necesario de información.

Esta teoría es apoyada fuertemente ya que por sí solas las células nerviosas varían muy poco en el transcurso de la evolución animal. Los procesos bioquímicos que suceden en las neuronas de los animales inferiores y del hombre son muy similares. Todo el progreso está relacionado, principalmente, con el crecimiento de células nerviosas y el perfeccionamiento de la organización del sistema nervioso.

No todo lo que sabemos ahora acerca de la memoria puede situarse en esta teoría. Si a la larva de algún insecto, por ejemplo, del tenebrio molinero, le enseñamos, moviéndose por el laberinto, a torcer siempre hacia la derecha, entonces el insecto adulto - el escarabajo - conservará esta costumbre. Esto significa que su memoria no se ha trastornado. Entretanto, cuando la larva se transforma en crisálida y comienza la reorganización estructural de su cuerpo, en la crisálida no sólo se destruyen las conexiones nerviosas, sino también el 90 por ciento de las propias células nerviosas. Queda por indagar cómo en este caso se conserva la memoria.

Hoy día todavía es difícil decir cuál de las dos teorías es justa. Sólo existe una opinión bastante unánime con respecto a la memoria del reflejo condicionado - de que esto es una conexión temporal de los centros nerviosos, donde se guardan los recuerdos acerca del irritante condicionado, con el puesto de mando de reacciones sobre él. No obstante, aquí también hay mucho que no está claro aún. Se desconoce cómo se forma esta conexión. Unos opinan que es puramente funcional, o sea, que sólo es un mejoramiento para realizar la excitación en determinadas sinapsis. Otros suponen que al formarse reflejos condicionados surgen nuevos contactos entre las neuronas debido a que crecen sus prolongaciones o debido a que en las prolongaciones surgen nuevas formaciones sinápticas.

De uno u otro modo, el trabajo del encéfalo, la actividad nerviosa superior, está relacionado con la actividad de las células nerviosas. Esto es tan conocido, que a nadie le causa ninguna duda. Incluso gente muy alejada de estos problemas biológicos está completamente segura de esto. No es de extrañar que un artículo que publicó hace varios años Galambos, eminente profesor norteamericano, provocase el efecto de la explosión de una bomba. El científico afirmaba que la percepción del medio ambiente, la formación de reflejos condicionados y de la memoria - todas las funciones principales del cerebro, no están relacionadas con las células nerviosas, sino con los gliacitos, con aquellas células minúsculas que rodean el cuerpo de las neuronas y que rellenan los espacios que hay entre sus prolongaciones.

No puede decirse que tales ideas inverosímiles aparezcan rara vez en biología; simplemente se olvidan de ellas antes de que obtengan gran popularidad. Galambos logró tener más suerte, pues sus ideas ganaron popularidad incluso en nuestro país, donde el estudio del sistema nervioso es tradicional en la ciencia. No obstante, en aquel tiempo los científicos no estaban en condiciones de discutir el problema acerca de la actividad de los elementos gliales. Sencillamente no se conocía casi nada referente a los gliacitos, a pesar de que éstos son varias veces más grandes que las neuronas. Antes se opinaba que estas células sólo realizaban una función auxiliar, apoyando a las neuronas y abasteciéndolas con todo lo necesario, ya que los hemocapilares en ninguna parte tienen contacto directo con las células nerviosas.

Podría parecer que la idea presentada por Galambos era tan infundada, que se marchitaría muy pronto. Pero, ¡no! De vez en cuando en distintos países, incluyendo el nuestro, aparecen sus partidarios. Por ejemplo, entre los fisiólogos georgianos apareció la suposición de que los gliocitos desempeñan un papel mucho más importante, que el que se le designaba hasta el momento. Verdad es que a diferencia de Galambos, los georgianos no le atribuían la función de la conciencia o de la memoria, pero suponían que los elementos gliales aseguraban la función del cierre de la conexión temporal al producirse los reflejos condicionados.

Los histólogos conocen hace tiempo que un número grande de terminaciones en las prolongaciones nerviosas del sistema nervioso central están desnudas, no están cubiertas con membrana mielínica. Los cálculos demuestran que la corriente eléctrica generada por estas terminales nerviosas debe dispersarse y éstas se hacen poco eficaces para transmitir la excitación a las fibras vecinas. Los científicos georgianos suponían que el mecanismo de cierre consistía precisamente en que la terminal nerviosa, que antes estaba desnuda, se vestía de una membrana mielínica y que se hacía más activa en sentido funcional. Este aislamiento lo forman los gliocitos, cuyas prolongaciones se enrollan en la fibra nerviosa, formando una membrana mielínica multilaminar.

Es difícil decir aún si han de confirmarse en el futuro las suposiciones mencionadas, pues el estudio de los gliocitos apenas ha comenzado. Sin embargo, no cabe la menor duda de que las investigaciones obligarán a mirar de una manera nueva los mecanismos fisiológicos de las principales funciones del sistema nervioso central.

## **6. Engañador atrevido**

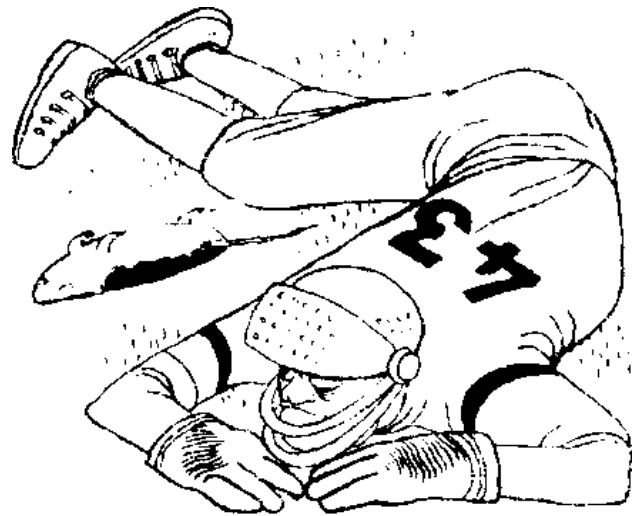
El hombre ha tenido que comparar muchas veces a los animales con la gente. Como resultado de estas comparaciones aparecieron muchísimos nombres extraordinarios: pez-cirujano - se llama así porque las púas puntiagudas de la cola hacen recordar el escalpelo de un cirujano; foca-monje - ya que cuando este animal está sentado en las peñas de la costa su postura hace recordar a un monje rezando; centolla-soldado - por la habilidad para andar formado en fila.

No obstante, con frecuencia ocurre lo contrario y comparamos a la gente con los animales. Cuando llamo zorrita a mi hijita, ella comprende que la consideran una

granujilla. Pero cuando está de penitencia por haber hecho alguna travesura y pone cara de ofendida, yo le digo: "Venga, ericito, baja tus púas". Esto significa que ella misma tiene la culpa y no hay por qué ofenderse con su papá.

Por desgracia, las comparaciones que hacemos con los animales son a menudo injuriosas. Nosotros, los mayores, por ser tan deslenguados, a veces comparamos a nuestros allegados, por ejemplo, con una víbora, con un cerdito o con la madre de éste, que es peor aún. Semejantes comparaciones con los animales son habituales en todos los pueblos. En los EE.UU., por ejemplo, existe la siguiente locución proverbial: "Hacer el papel de opossum.". ¿De dónde surgió esto? ¿Qué significa? ¿Acaso no es ofensivo?

El opossum o zarigüeya es un animal pequeño, de 40-45 centímetros de largo, que por su aspecto exterior hace recordar a una rata grande. Igual que ella, tiene hocico alargado y puntiagudo, grandes bigotes y un rabo muy largo, al que se le aferran las crías con sus finas colas y así es como suelen viajar sobre el lomo de su madre.



El opossum vive en América. En Europa sólo es conocido por los científicos y eso quizá sea porque pertenece a los marsupiales, es decir, el opossum hembra, igual que el canguro australiano, lleva a sus crías recién nacidas (hasta que éstas crezcan bastante) en una bolsa especial; de lo contrario los pequeñuelos no podrían sobrevivir.

En su patria el opossum es conocido por todos y la expresión "hacer el papel de opossum" no causa perplejidad alguna. Cuando en el campo de fútbol derriban a un jugador y éste se queda tumbado en la hierba, sin trazas de levantarse, sus compañeros le gritan: "¡Basta de hacerse el opossum!" Eso significa: ¡Levántate, no te hagas el muerto! El culpable no se ofende: sus compañeros se dieron cuenta de que la lesión no es grave y simplemente está bromeando.

Otra cosa totalmente distinta es cuando se reúne un grupo de muchachos después de las clases y a uno de ellos le dicen que es un oposum. Aquí esto ya tiene carácter ofensivo: significa que sus compañeros le consideran un embustero.

La fama que tiene el oposum de ser un mixtificador descarado no es casual. La culpa de esto está en la conducta del animal, que a primera vista podría parecer muy extraña. Cuando el animalito cae en una desgracia (es sorprendido por un animal voraz o simplemente no logró escaparse de un perseguidor peligroso), entonces él se hace el muerto. A primera vista este método de defensa podría parecer tonto. Sin embargo, no hay que apresurarse con las conclusiones. Si ello fuese así, haría tiempo que el oposum hubiese dejado de existir.

El método "psicológico" de lucha contra sus enemigos (de otra manera no podría llamárselo) está basado en que todo lo insólito amedrenta a los animales o, como dicen los científicos, provoca una reacción de orientación y defensa. No es nada de extraño que por el miedo uno se olvide del hambre, no digamos ya de la caza.

Un voraz, por muy peligroso que sea (ya puede ser una zorra o un lobo, un león o un tigre), no se lanzará de momento sobre un animal muerto recientemente; La inmovilidad de la presa muerta, la falta de naturalidad en la postura, es insólito y causa miedo en la fiera. El voraz estará mucho tiempo dando vueltas alrededor hasta cerciorarse de que está fuera de peligro, o sea, hasta que ya se debilita la reacción de orientación y defensa. Sólo entonces, muy lentamente, con grandes precauciones, la fiera se arriesgará a aproximarse a la presa.

Con frecuencia el miedo resulta ser más fuerte que el hambre y así es como el alimento exquisito queda intacto. Este tipo de conducta permite al oposum esperar el momento oportuno para escaparse. Por lo común, a este animal ni siquiera lo persiguen. El paso tan brusco de la completa inmovilidad al movimiento también es un fenómeno muy poco común y, a su vez, provoca miedo.

El método "psicológico" de defensa es tan eficaz, que con frecuencia salva al oposum que ya había caído en las garras de su enemigo. Sólo los voraces viejos y muy experimentados, quienes han tropezado muchas veces con la ingeniosa picardía del engañador, son capaces de entender su astucia. Es mejor que el oposum no tropiece con un enemigo tan "inteligente", pues las posibilidades de salvarse serán mínimas.

Ya hace muchos siglos que el opossum tiene fama de ser engañador; sólo los científicos dudaban de eso. No tenían una noción bien clara de si este animal era un verdadero fingidor o que simplemente se desmayaba de miedo.

Hace relativamente poco los electrofisiólogos lograron descubrir este enigma. Como se sabe, en las células encefálicas surgen constantemente impulsos eléctricos. Por el carácter de las reacciones eléctricas no es difícil saber si el animal está durmiendo, se encuentra narcotizado o si su cerebro funciona normalmente. Cuando grabaron las corrientes biológicas del opossum en los distintos momentos de su vida, se supo que cuando se hace el muerto la actividad de su cerebro no es que está omitida, como ocurre durante el sueño o el narcosis, sino que al contrario, alcanza su máximo. Esto significa que el opossum es un verdadero engañador y que su mala fama no es casual.

## 7. Hastío

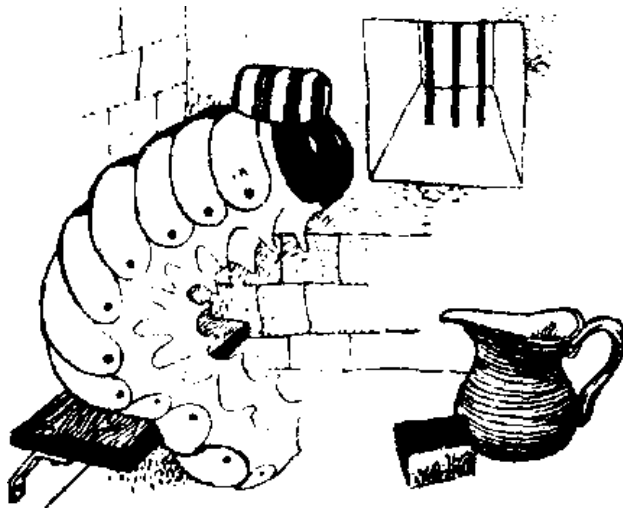
¿Cómo opina Ud.? ¿Suelen estar tristes los animales?

Hace mucho que se sabe que no sólo la gente puede estar triste, sino también los seres alados y cuadrúpedos. El cisne añora la pérdida de su compañera muerta; la perra está intranquila, no encuentra lugar, cuando les quitan a los cachorros. Los animales domésticos se acostumbran tanto a la gente, que se aburren cuando los dueños no están en casa. En Milán un perro durante 12 años no hubo un día que no fuera al depósito de locomotoras a recibir a su dueño maquinista, el cual hacía tiempo que había muerto. Y cuando la locomotora soltaba el vapor y la brigada abandonaba la máquina, el perro, triste y agachando la cabeza y el rabo, se iba para casa. ¡Acaso no es esto una demostración de que los animales conocen la tristeza!

Sí, a los animales superiores no les es ajeno este sentimiento. ¿Y en cuanto a los seres más primitivos? ¿Son capaces de sentir algo semejante? Es muy difícil juzgar acerca de esto. ¿Cómo determinar el estado de ánimo que experimenta una mariposa que está revoloteando en el prado? No podemos preguntárselo a ella. El único método para comprender algo es estudiar, en condiciones análogas, la conducta de los animales más diversos. Por ejemplo, determinar cómo ellos soportan la soledad, la ausencia de contacto con seres semejantes.

Para el hombre esto es una prueba muy dura. Las historietas de los llamados "robinsones", es decir, personas que gracias a unas u otras circunstancias han tenido que vivir en completa soledad en alguna isla desierta, han obtenido gran popularidad: Como resultado, muchos de estos individuos han sufrido serios trastornos psíquicos. Y esto no tiene nada de extraordinario, pues el hombre es un ser sociable.

Por lo general, entre los animales los que peor soportan la soledad son los que viven



en manadas, incluso aún siendo seres totalmente primitivos. Resulta que ellos son precisamente los que más sufren al separarlos de su "colectividad". Los animales superiores quizá tengan condiciones para adaptarse de alguna manera a la soledad. A muchos de ellos la sociedad humana les puede hasta embellecer considerablemente su triste existencia. Tales animales, como son los monos, por lo visto ven en la gente a

sus cofrades, aunque un poco extravagantes, llegan a entenderse bastante bien en la convivencia con nosotros y pueden pasar magníficamente sin sus parientes. En cuanto a los seres inferiores la cosa es mucho peor, puesto que no podemos formar compañía con ellos. Los pequeños pajaritos: el reyezuelo y el paro colilargo soportan muy mal el cautiverio y mueren muy pronto si están solos. Es diferente cuando se encuentra enjaulada una bandada de ellos. En compañía se vive más alegremente.

Entre los peces también hay bastantes especies sociables. Si situamos en un acuario a un arenque solo, al cabo de varios días él se morirá de tristeza, pero no porque añore al mar azul, como se pensaba antes, sino porque echará de menos a sus semejantes.

Incluso para algunos insectos la compañía les es totalmente imprescindible. La oruga del bámbice peregrino, insecto muy dañino y peligroso de los bosques, siempre crece en comunidad. Formando columnas compactas, van pasando de rama



en rama, de un árbol a otro, exterminando todo lo verde que encuentren a su paso. Pero si una de ellas se quedará atrás y se extraviará, seguro que perecerá. Le entra tal melancolía, que pierde el apetito y se le reduce el metabolismo. Jamás llegará a ser un insecto adulto. Si a esta triste oruga le mostramos alguna de sus amigas a través de un cristal, el estado de ánimo se le elevará inmediatamente, así como el metabolismo.

Sobre todo resisten muy mal la soledad los insectos sociables: las abejas, las hormigas y las termitas. A ellos no les es suficiente uno o dos compañeros. Cuando están solos o en grupos pequeños, dejan de alimentarse y mueren al poco tiempo. Solamente cuando la "compañía" alcanza un tamaño determinado, comienza a ponerse en orden la vida de estos insectos. Para las abejas y las hormigas este mínimo oscila, aproximadamente, en unos 25 individuos. En las colectividades más pequeñas los insectos, acostumbrados a vivir apretados en sus populosos apartamentos, pueden hasta "añorar" de veras.

## **8. El problema de ser negro**

Si usted conversara con un grupo de norteamericanos, que simpatizan con la lucha de los negros por sus derechos, para su gran asombro podría convencerse de que entre ellos hay bastantes individuos que están seguros de que los negros son gente de segunda clase. Hoy día está bien claro que en el funcionamiento del sistema muscular y los órganos internos no hay ninguna diferencia esencial. Los partidarios de las ideas de la desigualdad racial ven su diferencia fundamental en la esfera psíquica, o sea, en la función del encéfalo.

El motivo para semejante confirmación ha sido la gran diferencia del nivel de desarrollo cultural entre los distintos pueblos de nuestro planeta, los cuales existían hace 300 - 400 años, en la época de los grandes descubrimientos geográficos, y que hasta el momento no se han nivelado todavía. Aunque los pueblos indígenas de Asia, África, América y Australia obsequiaron al mundo muchos personajes eminentes, de todas maneras el aporte en el desarrollo de la cultura humana de muchos pueblos sigue siendo insignificante. Esto, naturalmente, se debe, a las condiciones de vida de los pueblos, pero de ninguna manera, a su deficiencia congénita. No obstante, los racistas continúan empleando hasta hoy día el hecho del

nivel desigual de desarrollo de la cultura como una demostración de la insuficiencia de los pueblos no europeos.

Y en realidad, ¿existe diferencia alguna en el trabajo del encéfalo en las distintas razas humanas?

La diferencia principal que hay entre el funcionamiento del encéfalo humano y el del animal está relacionado con el lenguaje, que es el segundo sistema de señales. La lengua es una adquisición puramente humana y si hubiera alguna diferencia entre las razas, esta diferencia se manifestaría en los mecanismos encefálicos de la lengua.

Los médicos reunieron muchos datos acerca del trabajo del encéfalo humano, pues estos especialistas observaban los cambios de las reacciones psíquicas durante unas u otras lesiones. Hace tiempo se ha notado que el deterioro de unas zonas de los grandes hemisferios cerebrales producen parálisis; otras, trastornos del oído o de la vista. También se ha notado que como consecuencia de la lesión de algunos sectores del cerebro el más en sufrir es el lenguaje. Además, cuando se produce una lesión en las porciones temporales del hemisferio izquierdo, los enfermos continúan oyendo, pero dejan de comprender el lenguaje; al producirse en las porciones frontales de ese mismo hemisferio, en primer plan se destacan los trastornos de la articulación; y cuando son lesiones parietooccipitales, los trastornos se manifiestan en el cálculo. Algunas afecciones cerebrales provocan trastornos en la escritura o en la lectura.

Después de acumular bastantes observaciones, se puso en claro que las lesiones de las regiones temporales del cerebro, que en los europeos perturba totalmente el lenguaje escrito, en los japoneses no provoca consecuencias tan graves y en los chinos no la toca para nada. Sin embargo, las lesiones en las regiones parietales, que para los europeos pueden no tener consecuencias serias, en los japoneses conduce al trastorno del lenguaje escrito y en los chinos provocan su destrucción total.

¿Resulta que en el trabajo del cerebro existen diferencias raciales muy expresivas? Antes de dar una contestación definitiva a esta pregunta es necesario decir varias palabras acerca de la organización de la función articularia.

El lenguaje humano está compuesto de sonidos complejos. Para utilizar el lenguaje es insuficiente la posesión de un oído bien desarrollado. En los primeros meses de vida, el niño no diferencia nuestro lenguaje del ruido. Para dominar el lenguaje, el niño debe aprender a destacar los síntomas esenciales del torrente de sonidos, o sea, los fonemas. Por eso, para la percepción del lenguaje no sólo hace falta un oído fino, sino, y esto es lo principal, un oído sistematizado con respecto a cada lenguaje concreto.

La persona que desconozca una lengua extranjera, no estará en condiciones de destacar del torrente fónico los elementos inteligibles de dicho idioma y por eso no sólo no puede comprender la lengua ajena, sino incluso repetir ciertas oraciones y hasta palabras.

Es interesante y muy importante el hecho de que en este proceso no sólo participan las regiones auditivas del cerebro sino también el aparato articulatorio, que toma parte en la producción de sonidos, y las correspondientes zonas locomotoras del encéfalo. Incluso para la gente adulta, aunque esto, por lo general, no se note, el componente principal del lenguaje no es su parte fónica, ni mucho menos la óptica (lenguaje escrito), sino la llamada percepción cinestésica: aquel sentido oscuro, impreciso, que se engendra en los músculos y los tendones del aparato articular durante los actos locomotores.

El análisis de la información auditiva transcurre en el hombre en las regiones temporales de la corteza de los hemisferios cerebrales. Las regiones temporales de la corteza, igual que los demás analizadores principales del hombre, están compuestas de campos primarios o de proyección, a donde llegan las fibras nerviosas de cada oído, y de campos secundarios, a donde la información ya no ingresa directamente de la periferia, sino después de pasar la elaboración previa en los campos primarios.

Si la lesión ha tocado los campos primarios, el oído del hombre tendrá trastornos. Un cuadro totalmente distinto ocurre al afectarse el campo secundario en el hemisferio izquierdo. Prácticamente, el oído enfermo no estará afectado, sólo sufrirá el oído articulatorio. El enfermo no podrá distinguir la "d" de la "t", la "b" de la "p", la "z" de la "s". Está claro que con esto se afecte la comprensión de los fonemas, y de aquí, también las palabras enteras.

Al enfermo le sonará la palabra "dom" (casa) como "tom", "lom", o "com". No sólo es que no las puede distinguir al oído, sino que tampoco las puede pronunciar. Por eso, durante la conversación, cuando hay que pronunciar semejantes palabras, al enfermo se le presentan dificultades. Este no podrá hallar de ninguna manera la palabra necesaria, ni tampoco acordarse de ésta, y por eso la sustituye, generalmente, por algo similar. Y como no se recuerda de la palabra, dice "eso, donde viven", en vez de decir "dom" (casa), o "eso, con la que rompen el hielo en la calle", en vez de decir "lom" (barra). Cuando la forma es más grave, para el enfermo hay tantas palabras complejas y se equivoca con tanta frecuencia en su pronunciación que al fin y al cabo su lenguaje llega a ser incomprensible.

El enfermo que no puede distinguir la diferencia que existe entre las palabras "dom", "tom" o "com" es natural que tenga trastornos en la comprensión del lenguaje. Es muy interesante, aunque sea poco comprensible aún, el porqué en estos enfermos se afecta, en primer término, la comprensión de los sustantivos, mientras que el lenguaje está compuesto, fundamentalmente, de conjunciones, preposiciones, adverbios, verbos y palabras que expresan las relaciones.

La segunda e interesante particularidad de estos enfermos consiste en que el trastorno del oído "articulatorio" puede no reflejarse en el oído melódico, musical. La medicina conoce varios casos, cuando compositores muy conocidos, eminentes, que a consecuencia de alguna enfermedad grave perdieron el oído articulatorio, así como el habla, conservaban la propiedad de componer música y continuaban trabajando con éxito. Y por el contrario, un deterioro de los sectores análogos cerebrales del hemisferio derecho no afectaba el habla, pero podía trastornar el oído melódico.

La persona que tenga afectadas las zonas secundarias del analizador auditivo, también tendrá trastornos en el lenguaje escrito. Los enfermos pueden copiar bien, pueden dominar con facilidad las palabras conocidas, como "Moscú" o "madre", reproducir perfectamente su firma o los símbolos muy conocidos visualmente, como "URSS". Pero estos enfermos no podrán escribir unas palabras al dictado o de por sí solos. La lectura también sufre. Algunas palabras muy conocidas e, incluso, frases enteras, pueden ser reconocidas y comprendidas como es debido, sin embargo, el

enfermo no estará en condiciones de leer letras, sílabas o palabras menos conocidas.

Así que no es la alteración de la función visual lo que impide al enfermo leer y escribir correctamente, sino el trastorno del oído fonético. Aquí se encuentra precisamente la solución del asombroso hecho de que en los chinos estas afecciones no se reflejen en su lenguaje escrito, puesto que es jeroglífico no está relacionado directamente con el oído fonético. El chino puede escribir o comprender lo escrito, pero no está en condiciones de leer en voz alta. Si él conoce algún idioma europeo, perderá la propiedad de leer y escribir en esta lengua.

Y por el contrario, a un europeo, que domine bien la lengua china, en los casos análogos se le producirán trastornos del lenguaje escrito en el idioma materno, pero se le conservará la propiedad de comprender los jeroglíficos.

El lenguaje escrito de los japoneses es una combinación de jeroglíficos con el método fonético de transmitir las palabras, por eso en los casos similares de afecciones cerebrales, en el lenguaje se producen trastornos, pero de menor consideración que en los europeos.

La percepción de los jeroglíficos está relacionada con las regiones occipito-parietales del cerebro. Al deteriorarse éstas, primeramente y con más frecuencia se producen trastornos de la vista. El enfermo no reconoce los objetos dibujados, aunque los perciba bien. Al examinar un retrato, el enfermo hallará la nariz, la boca, los ojos, pero no estará en condiciones para sintetizar de los distintos detalles el dibujo en general. Para él, el conjunto será confuso y dirá con inseguridad que, por lo visto, está dibujado un hombre. Pero si el que está representado en el dibujo tiene bigotes, el enfermo hará la conclusión de que el dibujo representa un gato.

No es de extrañar que tales enfermos sufran trastornos en cuanto a la propiedad de comprender el texto escrito con jeroglíficos. Si en este caso se ha conservado la facultad de comprender las letras, como signos menos complejos, entonces esto significará que la lectura y la escritura en otras lenguas no habrán sufrido. Esto de ninguna manera está relacionado con la nacionalidad, ni con las particularidades raciales de la gente. En los chinos, que conocen idiomas europeos, no se altera la propiedad de comprender la lectura y la escritura en estas lenguas, y, por el

contrario, los europeos, que conocen los jeroglíficos, pierden la propiedad de leer el texto en chino.

Así, la peculiaridad de los procesos psíquicos resulta que no está en absoluto relacionada con la pertenencia racial del hombre, sino que depende enteramente de la educación y el aprendizaje, es decir, depende, a fin de cuentas, de la formación de toda una serie de jerarquías relacionadas con los complejísimos sistemas de los reflejos condicionados.

## Capítulo 9

### LAS CIGÜEÑAS Y LA COL

#### **Contenido:**

1. *¿Por qué, de todas maneras, son dos?*
2. *El matrimonio y la familia*
3. *Dos principios*
4. *La súplica de Salmácide enamorada*
5. *Algo acerca de la concepción inmaculada*
6. *¿Cuántos pollos pueden salir del cascaron?*

#### **1. ¿Por qué, de todas maneras, son dos?**

Nuestro planeta está habitado por varios millones de especies de animales. Rara es la vez que un animal se parece al otro. Unos son acuáticos, otros terrestres; a unos les gusta el frío, otros prefieren el calor; unos necesitan alta presión, otros pueden vivir casi en el vacío. Pero por muy distintas que sean entre sí las especies, todas ellas tienen algo común, los representantes de cada especie se dividen en individuos masculinos y femeninos. Sólo los seres muy primitivos no tienen sexo.

¿Para qué necesitó la naturaleza dividir todo ser vivo en dos grupos opuestos? ¿Qué misión no pudo realizarse por medio de un solo organismo?

Por lo común, la existencia de dos sexos diametralmente opuestos se relaciona a través de las necesidades del propio proceso de reproducción. Pero de ninguna manera esto puede ser la causa del origen del diclinismo. Pues los organismos primitivos, en los cuales no ha sucedido aún esta división, se reproducen magníficamente, habiendo muchos individuos diclinos que conservan la propiedad de reproducirse por vía asexual.

La reproducción asexual está bastante difundida. El método más simple es la división. Así se reproducen las amebas, los infusorios y muchos otros organismos unicelulares. En rasgos generales este método consiste en lo siguiente: el propio cuerpo de la célula, su núcleo y todos los cromosomas, que componen el núcleo, se

dividen en dos partes iguales, que no se distinguen en nada de la célula madre originaria.

A veces hay que recurrir a diferentes subterfugios. Es muy interesante observar la división de la tecameba, que vive en una minúscula concha. El proceso comienza cuando la célula madre, a través de un orificio de la concha, sale al exterior y aquí crea la segunda casa - una concha, que es el reflejo especulativo de la básica. Al principio ambas conchas están unidas entre sí. Después de terminar la construcción de la nueva casa, la tecameba entra varias veces en una y en otra concha, como si estuviese comprobando si está todo en orden. Después su cuerpo se divide en dos organismos independientes y las nuevas células penetran cada cual en su concha, separándose luego una de la otra. A partir de este momento los dos organismos ya existen como seres independientes.

Otro método de reproducción asexual es el de la gemación. Este consiste en que del organismo paterno se separa una parte pequeña. Si esto es un organismo unicelular, entonces en la parte separada se encontrará también un pequeño núcleo. De un organismo multicelular se separará todo un grupo de células, de las que más tarde crecerá un nuevo individuo. Así se reproduce la levadura, y de los multicelulares, la hidra.

El tercer método de reproducción asexual es la esporulación. Con esta forma de reproducción el núcleo del organismo paterno se divide en varios y a veces en una cantidad muy grande de núcleos pequeños, después de lo cual la célula se divide en esa misma cantidad de porciones.

Las nuevas pequeñas células - las esporas - no se parecen al organismo paterno. Son muy pequeñas y a diferencia de aquéllas, están comprendidas en una membrana sólida, la cual les protege de cualquier influencia desfavorable del medio ambiente. Gracias a esto, las esporas pueden soportar los distintos contratiempos que se les presenten, como son la desecación, un fuerte recalentamiento o enfriamiento.

Por medio de esporas se reproduce el agente de la malaria - el plasmodium, que parasita en los glóbulos rojos del hombre. Allí cada plasmodium se divide en 12 ó 24 esporas. Cuando todas ellas, independientemente de la cantidad que se encuentre en la sangre humana, abandonan a la vez los glóbulos rojos, estos llegan a



destruirse, lo que provoca el ataque inmediato de la fiebre palúdica. Al plasmodium no sólo le es propia la reproducción asexual. Al caer éste junto con la sangre humana contaminada en el tubo digestivo del mosquito, entonces la reproducción se efectuará por vía sexual.

He aquí cuántos métodos de reproducción asexual ha inventado la naturaleza. Esto significa que no fue el problema de la reproducción lo que produjo la aparición de dos sexos.

¿Qué fue entonces?

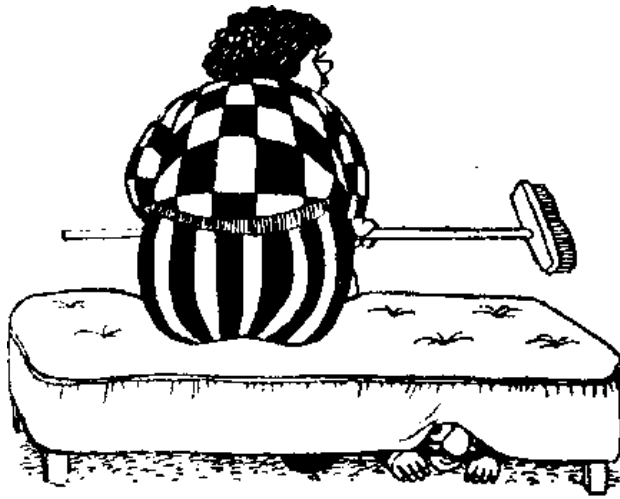
Surgió la suposición de que durante una reproducción asexual prolongada, a consecuencia de la infracción del código genético, deberá suceder la degeneración de los organismos, como se puede observar en los casos de matrimonio entre parientes carnales. Las suposiciones, como se sabe, de por sí no valen nada. A los científicos les hacían falta datos precisos. Decidieron experimentar un organismo que pudiera reproducirse tanto por vía sexual, como por la asexual. Para ello escogieron al paramecium, que es un organismo unicelular bastante grande y muy complejo. El experimento se realizaba de tal manera, que tan pronto como se dividiera el paramecium en dos organismos independientes, éstos eran separados inmediatamente para impedir la reproducción sexual. En tales condiciones experimentales el paramecium se divide, por lo general, dos veces al día. ¡A los científicos les bastó paciencia para observar durante 22 años la reproducción de un solo paramecium! Durante este tiempo sucedieron 13.500 generaciones. La supuesta degeneración y la muerte de los descendientes no se produjo.

De esta manera, incluso los organismos, a quienes les son propias ambas formas de reproducción, pueden a lo largo de decenas de miles de generaciones, sin causarles grandes daños a ellos, reproducirse solamente por vía asexual. Es evidente que la necesidad de ambos sexos consiste en alguna otra cosa. Esta llega a ser más comprensible al tratar de comprender el papel que desempeña cada sexo en el proceso de reproducción.

Cualquier especie de animales para poder subsistir, tiene necesidad de reproducir una cantidad suficiente de descendientes, preparados adecuadamente para la vida. Si se dejan a un lado algunas excepciones, entonces podría afirmarse que la

cantidad de crías depende, en lo fundamental, del número de hembras adultas, pues cualquier macho puede contraer matrimonio con muchas hembras.

¿Qué función desempeñan los machos? Resulta que el género masculino responde por la calidad. No todos pueden constituir familia. Para procurarse una hembra hay



que soportar una cruel competencia. Los bien adaptados a la vida, en primer término, se convierten en hogareños.

Se trata, desde luego, no sólo de la fuerza física, aunque ésta también es imprescindible para obtener y defender el territorio de nidificación o salir triunfador en los torneos caballerescos, que organizan los machos de muchas especies de animales. Los hijos siempre

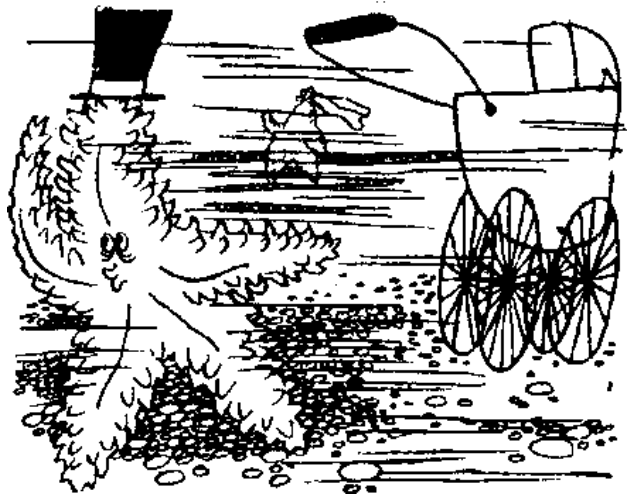
se parecen a los padres y los machos, que estén más adaptados a la vida, siempre darán una generación más válida.

Para que los machos puedan cumplir con sus obligaciones, controlar la calidad de la generación, deben estar bien enterados de todos los cambios que ocurren en el medio ambiente y para eso, primero, deberán estar menos adaptados a la vida que las hembras, para poder sentir inmediatamente el menor empeoramiento que se produzca en las condiciones de vida; segundo, deben ser muy distintos para que unos controlen, principalmente, las condiciones climáticas; otros, los recursos alimenticios y los terceros, los enemigos naturales. Efectivamente, son los machos, y no las hembras, como suele decirse, los que constituyen el sexo débil. En este sentido el hombre incluso no se diferencia en nada de los demás seres. Si cogemos de ejemplo, digamos, la longevidad, resultará que en todos los pueblos es más larga la vida de la mujer que la del hombre. Entre los individuos centenarios de cualquier país no menos del 60 por ciento son mujeres. Sin embargo el record de longevidad a menudo es registrado por el género masculino. A pesar de que en su mayoría son unos calzonazos, no obstante, distinguirse tantísimo uno del otro, entre ellos se encuentra siempre alguno que llegue a ser campeón.

Al recordar esta circunstancia, comprenderemos muy bien toda la infructuosidad de las discusiones acerca del nivel de capacidad mental entre el hombre y la mujer, que en cierto tiempo estaban tan en moda. Las mujeres son más uniformes y parecidas entre sí y, por lo visto; han dotado al mundo con menos personajes geniales. En cambio, y esto sin duda alguna, entre las mujeres hay mucho menos idiotas de remate que entre los hombres.

Así, la causa principal de la bisexualidad es la imposibilidad de asegurar por otra vía el número necesario de descendientes de alta calidad.

La segunda causa del surgimiento de la bisexualidad es que ésta le permitió a la evolución caminar a ritmos más acelerados. Pues durante la reproducción asexual el "hijo" se parece como dos gotas de agua a su madre. Sólo debido a causas raras y accidentales el hijo puede diferenciarse



de su madre, por lo tanto, durante la reproducción asexual de los animales pocas veces aparecen nuevos síntomas, que van acumulándose lentamente.

Otro cuadro totalmente distinto es cuando el hijo tiene padre y madre. El descendiente hereda algo de cada progenitor. No quiere decir esto que sea una producción en serie; cada hijo se crea, digamos por ejemplo, de acuerdo con un proyecto individual, y si éste resulta acertado, entonces las nuevas cualidades valiosas en seguida se divulgarán ampliamente entre la especie dada de animales.

## 2. El matrimonio y la familia

La mayoría de los animales de nuestro planeta se reproducen por vía sexual. En los organismos unicelulares el contenido principal del proceso sexual es el intercambio de la substancia nuclear entre las células cónyuges.

Vemos cómo transcurre esto en el paramecium. Dos de estos protozoarios, que decidieron comenzar la reproducción sexual, se juntan fuertemente uno con el otro por las partes abdominales de tal manera que coincidan sus orificios bucales. Después, en los dos organismos que decidieron entrar en contacto los núcleos se dividen reiteradamente, sufriendo una serie de transformaciones, como resultado de las cuales en cada paramecium quedan sólo dos núcleos, el femenino, que es fijo, y el masculino, que es errante, en el cual el número de cromosomas está reducido en dos veces. Los paramecium se intercambian mutuamente con los núcleos errantes. El núcleo desplazado se une al núcleo fijo del paramecium - dueña y como resultado en cada paramecium se forma un nuevo núcleo con su juego completo de cromosomas.

En la reproducción sexual de los unicelulares pueden participar dos organismos totalmente iguales, como ocurre con el paramecium, o dos individuos que no se parezcan en nada. En el plasmodium del paludismo, del que ya hemos tratado, después de una serie de generaciones asexuales, compuestas de esporas iguales, parecidas entre sí como dos gotas de agua, de las cuales se desarrollan individuos amiboides, también muy parecidos entre ellos, al cabo de unos 10 u 11 días surge la generación sexual, compuesta de individuos masculinos - los más pequeños, y femeninos - los más grandes, cuya reproducción ya es por vía sexual.

Los organismos multicelulares poseen unas células sexuales especiales, cuya cópula o, mejor dicho, fecundación, es lo que conduce al surgimiento de un nuevo organismo. Esto complicó muchísimo el proceso de reproducción. La naturaleza ha tenido que inventar toda una serie de adaptaciones para asegurar el encuentro de las células sexuales masculinas y femeninas.

En la mayoría de los organismos inferiores esto transcurre aparte y con frecuencia los progenitores no aplican esfuerzo alguno para que se realice el encuentro de sus células sexuales. Para lograr un número suficiente de seres, estos descuidados padres deberán proveerse de una cantidad enorme de células sexuales: sólo así se podrán lanzar al viento, como lo hacen las plantas, dispersando su polen por todo el mundo. En los animales tales procesos sólo pueden transcurrir en el agua, aunque, desde luego, en espacios mucho más pequeños.

Las células sexuales no confían en los encuentros casuales. Por lo general, los espermatozoides - células sexuales masculinas - tienen la propiedad de moverse independientemente y a veces con bastante rapidez. Pero de todos modos para que pueda fecundarse el mayor número de células sexuales femeninas, la cantidad de células sexuales masculinas deberá superar en mucho al número de femeninas. Así se reproducen las estrellas y los erizos de mar y muchos otros habitantes marinos.

A las células sexuales de los animales que viven en colonias, gracias a que están todos juntos, les es más fácil encontrarse una con la otra, pero para esto deben hallarse forzosamente ambas células en el agua. ¿Cómo los animales se ponen de acuerdo entre sí?

En tal nivel de desarrollo de los organismos sólo será comprensible el lenguaje químico. Junto con las células sexuales se lanzan al agua unas sustancias que estimulan la secreción de productos sexuales, tanto en los animales de un sexo como en los del sexo contrario. Al recibirse la orden, toda la colonia comienza la reproducción. Casi simultáneamente, en un espacio muy limitado, es acumulada gran cantidad de células sexuales de ambos sexos. Esto es lo que asegura la fecundación exitosa.

Los ostricultores hace tiempo que ya dominan esta sencilla lengua. Ellos indican a las ostras cuándo les llega la época de reproducirse. En un tiempo propicio del año en el agua del ostral se sueltan simultáneamente los productos sexuales extraídos de cientos o miles de ostras. En las ostras que viven libremente se provoca la oviposición en masa y la fecundación posterior de los huevos desovados. Esta oviposición, provocada de una manera artificial, eleva considerablemente la cosecha de los ostrales.

Los animales que son capaces de moverse en el período de celo se reúnen en parejas, en grupos e, incluso en grandes cardúmenes, como ocurre con los peces. Con su conducta, los machos obligan a las hembras a poner los huevos, que al instante ellos riegan con sus espermatozoides.

Un contacto mucho más estrecho existe entre el macho y la hembra de los anfibios. Tan pronto llega el tiempo del desove; la rana macho se encuentra con su compañera y abrazándola fuertemente con las ancas delanteras por la cintura, no la suelta hasta que se hayan depositado los huevos. A veces el macho se encuentra

con la hembra en la orilla, lejos del estanque apropiado. Entonces será gracioso observar como la hembra, dando torpes brincos, va hacia el agua, llevando en las espaldas al padre de sus futuros hijos. El macho permanece montado en la hembra hasta que ésta haya depositado los huevos. Dicha postura proporciona gran comodidad, puesto que así será lanzada inmediatamente la esperma sobre los huevos.

En los animales superiores el encuentro de las células sexuales transcurre dentro del cuerpo de la madre. Para esto ellos poseen adaptaciones especiales – los órganos sexuales externos. El encuentro de las células sexuales sólo será posible cuando el macho y la hembra entran en contacto directo, o sea, el apareamiento.

El apareamiento de la mayoría de los animales transcurre en un período determinado del año. Esto sucede así y que en el resto del tiempo de la vida las hembras no poseen productos sexuales maduros, su organismo no está preparado para la reproducción y no puede asegurar el desarrollo del embrión. Los machos de los animales homotermos están en condiciones para realizar el apareamiento en cualquier época del año. Sólo algunos de ellos, como son, por ejemplo, los machos de los renos, no poseen células sexuales maduras fuera del período de reproducción. La época determinada de la reproducción es muy conveniente, pues las crías nacidas en un tiempo desfavorable para su desarrollo perecerán inevitablemente.

Hay animales que pueden aparearse en cualquier tiempo del año. Pero esto sólo será productivo en aquel caso cuando el macho y la hembra se hallen en el estado fisiológico apropiado, o sea, que ambos posean productos sexuales maduros. Durante el año, para el hombre hay 13 de esos períodos, pero la duración de cada uno de éstos no es muy grande y, por lo general, no supera un día. Por consiguiente, la mujer puede llegar a ser madre solamente durante esos 13 días.

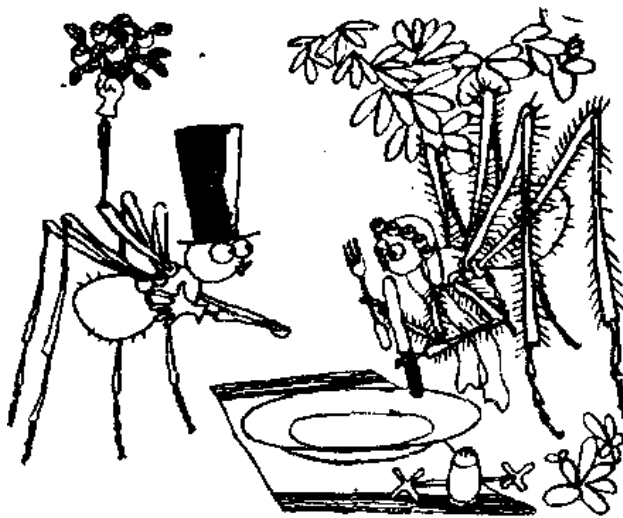
La fecundación interna no siempre sucede como resultado del apareamiento. En muchos insectos, trintones, ambystomas, salamandras y otros animales no hay apareamiento como tal. El macho deposita su esperma en una bolsa gelatinosa y luego él mismo o la hembra se lo introduce en el orificio genital. Con frecuencia no se introduce todo el espermátóforo, sino solamente su cuello, de cuyo orificio los espermatozoides penetran en el conducto genital de la hembra. Para que la bolsa no

se desprenda existen adaptaciones especiales - procesos laterales, por medio de las cuales o de una secreción gelatinosa especial de las glándulas accesorias del macho, la bolsa se aferra sólidamente al cuerpo de la hembra. Las hembras de muchos insectos después se comen el espermátóforo vacío.

A veces todo transcurre de la manera más sencilla. En algunos insectos el esperma se expulsa directamente al exterior, después, con la ayuda de apéndices bucales, el macho la recoge y la introduce en los órganos sexuales de la hembra.

Los órganos copulativos de los machos y los orificios genitales de las hembras pueden hallarse en distintas partes del cuerpo, en las patas, en la cabeza, etc.

A la araña epeira le sirve como órgano copulativo la punta del tentáculo mandibular. Antes del apareamiento, la araña teje una pequeña telaraña y segrega sobre ésta el esperma; después, con una prolongación especial del tentáculo, recoge, como si



fuera con una pipeta, un poco del líquido segregado. Sólo después de esto puede comenzar el apareamiento.

En los caracoles el orificio sexual está situado en la cabeza. En el pulpo el esperma se halla en uno de los ocho tentáculos, el que se introduce en el orificio sexual de la hembra durante el apareamiento. Sobre todo es curioso que el tentáculo, relleno de espermatozoides, pueda separarse del cuerpo del pulpo y llevar un modo de vida independiente.

Antes se creía que este tentáculo era un animal particular y lo llamaban hectocotylus. Nadie podía sospechar que eso fuese uno de los órganos del molusco cefalópodo. Cuando encuentra en su camino a un pulpo hembra, el hectocotylus penetra en sus vías genitales y allí exprime la esperma.

Las hembras de algunos insectos no poseen orificio sexual especial. El macho hinca su puntiagudo órgano copulativo en cualquier parte del cuerpo de la hembra y los espermatozoides inyectados peregrinan por las cavidades internas, hasta que se encuentren con el óvulo. Esto se observa también en los rotíferos y en las

sanguijuelas. Sólo que en este caso en el cuerpo de la hembra se introduce el espermatóforo.

El proceso de apareamiento dura desde varios segundos hasta varios días. El apareamiento ficticio de las ranas, del que ya hemos tratado, dura hasta, tres días. En las mariposas, cuyo apareamiento dura, varias horas, el macho segrega una sustancia viscosa especial, que se endurece muy pronto al aire y que se pega fuertemente a la hembra.

A veces el apareamiento está preñado de consecuencias muy peligrosas. El macho de la araña se acerca cautelosamente a la hembra, pues si a ésta le da tiempo de verle, se lanzará sobre él y lo devorará. En cambio, después del apareamiento son pocos los que logran escaparse, la hembra devorará inevitablemente a su cónyuge. Al macho le amenaza un peligro mortal incluso durante el apareamiento, por eso algunas arañas machos le cierran la boca a la hembra con unos ganchos especiales que tienen situados en las patas delanteras. No es de extrañar que en algunas arañas meridionales el número de machos supere en decenas e, incluso, en cientos de veces al número de hembras. Sólo en esta multitud puede haber la suficiente cantidad de imprudentes que se atrevan a contraer matrimonio.

En algunos animales el apareamiento siempre termina con la muerte de uno de los cónyuges. Al zángano, que durante el vuelo nupcial tenga la suerte de chasquear a sus rivales y alcanzar a la hembra, morirá al momento de terminar el apareamiento. La hembra del insecto mantis durante el apareamiento ya empieza a comerse al macho por la cabeza.

Más trágicas son aún las costumbres nupciales de una de las especies de los poliquetos. En ellos no se produce el apareamiento verdaderamente dicho. El macho deposita el esperma en la boca de la hembra y después, la desgarrar por partes, gracias a lo cual los espermatozoides tienen la posibilidad de fecundar los huevos que se desprendieron de los pedazos del cuerpo.

Muchos animales, aunque se reproduzcan por vía sexual, no crean familia. La familia apareció debido a que surgió la necesidad de proteger, alimentar y enseñar a las crías, las cuales determinan en gran medida el carácter de una familia dada.

A veces las obligaciones entre los padres se distribuyen de una manera tan rígida, que es menester la participación de ambos progenitores; uno sólo no estaría en



condiciones para alimentar a las crías. Cuando salgan del huevo las crías del gavián, la madre, igual que antes, se quedará en el nido protegiendo y calentando a sus pequeñuelos. El padre es el que se preocupará de alimentar a la hembra y a la nidada. Este se pasa el día entero cazando y todo el botín lo trae a casa y lo entrega a su cónyuge (muchos animales no dejan entrar al padre en la casa). El gavián macho no sabe desplumar, desgarrar la presa y dar de comer a las crías.

Si la familia queda sin padre, la hembra experimentada puede nutrir a su nidada, aunque no esté acostumbrada a llevar la presa a casa. Si la familia queda sin madre, entonces la nidada estará condenada. Las desdichadas criaturas se morirán de hambre, ya que el padre, igual que antes, continuará trayendo alimentos, depositándolos en el borde del nido, pero no sabrá alimentarlos.

En los casos cuando los padres son atentos, el matrimonio es duradero y con frecuencia, es para toda la vida. Ello no significa que los cónyuges no se separen jamás en la vida. Entre los animales tales parejas son muy raras. En general, sólo viven juntos cuando llega el tiempo de pensar en los hijos. Así procede la mayoría de las aves de paso. En invierno el macho y la hembra se mantienen por separado y así es como regresan a casa, para encontrarse solamente en el nido entrañable.

Los científicos opinan que el matrimonio que contraen los animales para toda la vida no se debe al gran cariño que sienten ambos cónyuges entre sí, sino al apego que sienten por su nido. Incluso las cigüeñas, que tienen fama de ser buenas hogareñas, pueden fácilmente cogerse de esposa a una nueva amiga. En primavera el primero que regresa al nido es el macho, y si en este momento se le une una hembra joven, él la aceptará pero al poco tiempo, cuando llegue la dueña del nido, el macho contemplará indiferentemente el conflicto de las dos hembras. Aquella que salga vencedora será su esposa.

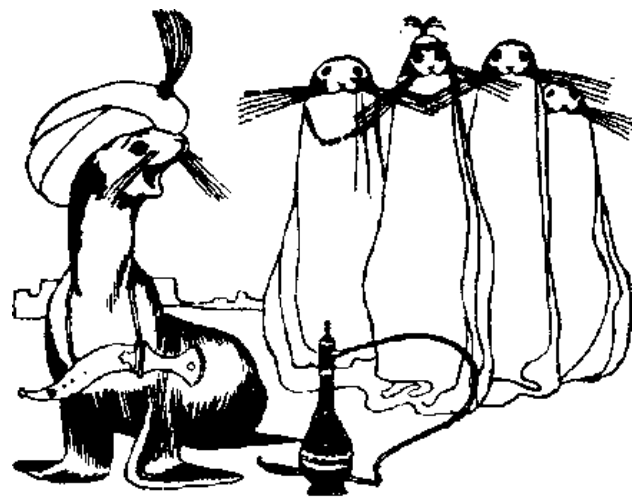
De una manera totalmente distinta se comporta la familia de los que alumbran pequeñuelos fuertes e independientes. A ellos pueden bastarles unos cuidados muy limitados por parte de los padres y entonces la familia adquirirá las formas más inesperadas. Así, a principios de la primavera aparece un banco de luciopercas machos en el desovadero, donde ellos mismos nacieron en tiempos pasados. Luego el banco se desintegra. Cada lucioperca elige un lugarcito en el fondo, lo limpia y

construye el nido con filamentos de algas verdes. No se asombre, pues no todos los peces desovan simplemente hay muchos que construyen nidos complicados.

Aquí, después de construir su nido, el lucio-perca macho espera a la hembra, que pondrá los huevos, y luego como si no hubiera pasado nada, se va a pasear por el mundo. El macho se queda para proteger los huevos y cuando de ellos salgan los alevinos, también abandonará el nido, y si por el camino no se alimenta con sus hijos, será porque aún son muy pequeños y no merece la pena meterse con semejante morralla. Entre los peces es muy frecuente que el hogareño resulte ser el macho. Tales familias tan originales se encuentran también entre las aves. La minúscula hembra del chorlito sólo se molesta en poner los huevos; empollarlos y atender a las crías se encomienda del padre.

Más interesante aún es la familia del turnix tanki, que vive en el Extremo Oriente.

En primavera, cuando llega la temporada de reproducción, la hembra, igual que todas las aves honestas, construye el nido, pone en él cuatro huevos y los deja al cuidado del macho. La hembra vuelve a construir un nuevo nido, busca otro marido, pone los huevos y vuelve a escaparse. Y así varias veces.



La poliandria es un fenómeno bastante

raro, en cambio la poligamia está muy divulgada. Los machos viejos y fuertes de las nutrias de mar y de los leones marinos organizan harenes, compuestos de varias decenas de hembras. Es conocida la poligamia entre los simios y las aves, particularmente las gallináceas.

A veces los padres no cuidan de sus hijos. La madre encuentra una niñera o, mejor dicho, unos padres adoptivos, y les deja los hijos a su cargo. Existen bastantes astutos de esta clase; entre ellos hay 50 especies de cuclillos que ponen sus huevos en nidos ajenos; 10 especies de pájaros indicadores africanos, 4 de pájaros tejedores y el espulgabueyes o resnero de América.

Todos los parásitos de los nidos, que es como llaman a este variado grupo de pájaros, tienden a que sus crías gocen de la atención primordial de los padres adoptivos. Resulta que las crías de los cuclillos, tan pronto hayan crecido un poco, arrojan del nido a sus hermanastras y hermanastros. Los pájaros espulgabueyes, después de poner sus huevos en nido ajeno pican todos los demás huevos para proteger a su cría de los peligrosos competidores.

El parasitismo de los nidos en la naturaleza está mucho más divulgado de lo que generalmente se cree. Por lo visto, cuando hay poco lugar adecuado para nidificar, muchas aves empiezan a poner los huevos en los nidos de sus parientes más cercanos. Los ánades septentrionales, los somorgujos y los mergos, que viven a orillas del Sivash, proceden así con bastante frecuencia. El pato de cabeza negra sudamericano nunca hace su nido, pone los huevos en los nidos de otras aves grandes, sin preocuparse mucho de que los padres adoptivos puedan o no alimentar a su patico. Por lo visto, esta ave se salva de la desaparición gracias a la gran cantidad de huevos que pone alguna de las crías llegará a sobrevivir.

Otros animales educan a sus hijos de modo colectivo. Los pingüinos imperiales, que viven en Antártida, llevan a sus pequeñuelos a guarderías infantiles, donde se pasan días enteros en compañía de sus coetáneos, mientras los padres están pescando. Los pingüinitos se educan juntos, pero se alimentan por separado. Sus padres, sin equivocarse, encuentran al hijo entre las decenas de bolitas iguales para llenarle cuidadosamente el estómago con comida.

Sobre todo son complejas y numerosas las familias de los insectos sociables. La familia de las abejas está formada por varias decenas miles de miembros; en las hormigas y las termitas la cantidad de miembros puede alcanzar hasta un millón.

La familia de los insectos sociables no es homogénea, en ella existen varias castas: la reina y el zángano, que son los padres de la numerosa familia; las obreras y los soldados, los alilargas y los alicortas y muchas otras formas transitorias. Todos los miembros de la familia están ligados estrechamente entre sí.

Cuando separamos a uno de ellos de la colectividad, éste perecerá inevitablemente, incluso teniendo agua y alimentos en abundancia. Las obreras, que son las que sustentan a toda la familia, no son capaces de sustentarse ellas mismas cuando se quedan solas.

En los insectos sociables la educación de la camada es un proceso muy complejo. Sin la ayuda de las atentas nodrizas las larvas no podrían vivir, en cambio los propios padres no participan en este proceso. La abeja reina sólo se preocupa de poner huevos. Una pareja de hormigas o de termitas, fundadoras de la nueva colonia, al principio tiene que preocuparse de sus hijos hasta que ellos crezcan y se acumule la cantidad suficiente para que puedan coger en sus manos todas las preocupaciones de la familia. Entonces los padres sólo comerán y traerán nuevas generaciones al mundo.

Una particularidad interesante de los insectos sociables es la propiedad de contraer matrimonio colectivo. Generalmente, cuando llega la época del enjambrazón, las hormigas y termitas, que hayan salido, arrojan sus alas, se unen en parejas y se encaminan en busca de una cueva apropiada, donde se encierran para comenzar a crear la familia. Con frecuencia puede resultar que en la cueva haya varias hembras y machos. Esto es conveniente, pues habrá más esperanzas de que la colectividad pueda salvar las dificultades y crear la familia. Pero cuando la familia ya esté creada, en ella se quedan sólo un macho y una hembra maduros sexualmente.

En la familia de los insectos sociables suceden muchas cosas extrañas e inesperadas. Por ejemplo, contraen matrimonio para toda la vida. Claro está, la indisolubilidad del matrimonio no se debe al apego de los cónyuges. El secreto de la fidelidad se oculta en el modo de vida tan peculiar que lleva la familia de los insectos sociables.

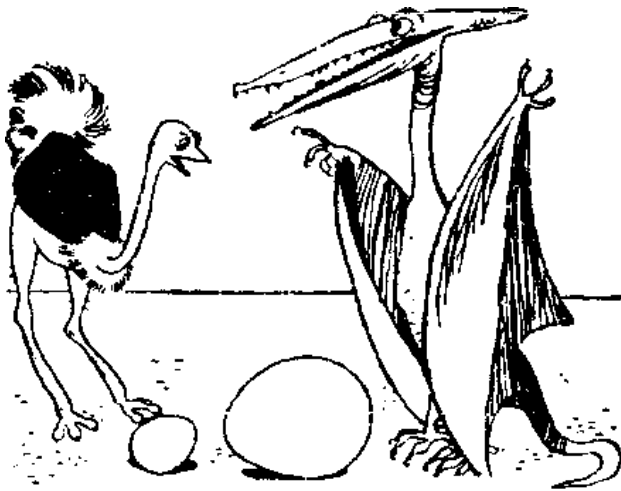
### **3. Dos principios**

Para la reproducción de nuevas generaciones en los animales superiores se utilizan las células sexuales masculinas y femeninas o gametos, que se diferencian mucho una de la otra, así como de las demás células del organismo.

La célula sexual femenina se llama óvulo. Es grande, tiene una forma ovalada o esferoide, contiene en gran cantidad deutoplasma (vitelo) - material de construcción, a cuenta del cual en los mamíferos (a excepción de los ovíparos: la equidna y el ornitorrinco) el óvulo se desarrolla en el primer momento después de la fecundación, mientras que en los demás animales se desarrolla hasta la completa

maduración del embrión. Precisamente por eso las células de los últimos alcanzan un tamaño enorme.

El óvulo mayor de todos los animales, que viven actualmente en la Tierra, contando con todas las membranas e incluyendo la cáscara y la clara, es el de la avestruz. Esta célula llega a pesar 2 ó 3 kilogramos. Mayor aún es el "huevecillo" del tiburón ballenero. Su longitud puede alcanzar 60-70 centímetros y 40 de ancho. Para transportar el contenido de semejante huevo hacen falta 5 ó 6 cubos. El volumen del huevo de los reptiles prehistóricos y de la paloma peregrina, que hace poco,



relativamente, vivía en la Tierra, era el de un buen cubo. El óvulo humano es uno de los más pequeños, su diámetro es de a 0.2-0.5 milímetros. En los invertebrados se conocen huevos más pequeños aún, cuyo diámetro apenas alcanza 0.04 milímetros.

Los óvulos maduran en los órganos sexuales femeninos - el ovario. En el hombre se forman durante la tierna infancia, a los dos años y medio, aproximadamente, y después ya no se modifican. Se ha logrado determinar que en este tiempo cada ovario contiene 30 000 óvulos. En un período más temprano el número es algo mayor, pero a partir del sexto mes de la vida intrauterina en el ovario del embrión algunos de ellos comienzan a madurar, aunque no logren alcanzar su desarrollo completo.

Cuando el óvulo está madurando, se divide dos veces, perdiendo la mitad de sus cromosomas. Sólo después de que la niña llegue a la pubertad, el óvulo puede lograr su desarrollo, completo, produciéndose la ovulación - la secreción de un óvulo del ovario. Durante la vida en la mujer sólo maduran poco más de 400 óvulos - 13 en el transcurso de cada año.

Las células sexuales masculinas - los espermatozoides - son muy originales y no se parecen a las demás células del organismo. Los espermatozoides de los distintos animales se diferencian uno del otro por su aspecto exterior. Lo común en éstos es que siempre son menor que el óvulo y que a todos ellos les es propia la movilidad.

El espermatozoide de los mamíferos está compuesto de una cabeza pequeña y una cola larga, mediante la cual éste se mueve. La longitud del espermatozoide humano es de 50-70 micrones, mientras que su cabeza sólo tiene 4 ó 5. Sobre todo son de construcción muy compleja los espermatozoides de los animales inferiores. Con frecuencia están previstos de un perforador en forma de lezna, taladro, cincel o descorchador, para abrir la membrana del óvulo, así como también de paletas, aletas y otras adaptaciones.

Los espermatozoides se desarrollan en las glándulas sexuales masculinas - los testículos, que en los animales vertebrados son pares y están situados en la cavidad del cuerpo. Sólo en el hombre y en algunos mamíferos se encuentran en unos saquitos o bolsas especiales directamente debajo de la piel. La salida de los testículos al exterior se efectúa durante la vida intrauterina del feto. Si por alguna causa ello no sucediera, entonces los espermatozoides no se desarrollarán en dichos testículos. Se supone que esto ocurre debido a la alta temperatura que hay dentro de la cavidad abdominal. En todo caso, los elefantes, quienes tienen los testículos en la cavidad del cuerpo, en el período de celo, cuando la temperatura es bastante alta, suben a las montañas, donde hace más fresco. Cuando estos gigantes son traídos al norte, es frecuente que en los primeros años den descendientes. Y no hay que olvidar que la reproducción de los elefantes, encontrándose éstos en cautiverio, incluso en su patria, es una cosa bastante rara.

Cada uno de los testículos del hombre tiene cerca de mil canalículos sinuosos, en cuyas paredes hay grandes células ovaladas, que al dividirse surgen precisamente los espermatozoides. Durante la división, éstas, igual que los gametos femeninos, pierden la mitad de las cromosomas y después realizan un proceso complejo de reconstrucción morfológica, transformándose de una simple célula ovalada en un espermatozoide maduro.

Los espermatozoides que no hayan adquirido aún la propiedad de moverse, pasan por el conducto espermático al epidídimo, el cual representa en sí un tubo muy esponjoso, donde los espermatozoides se conservan en el líquido seminal, que contiene las sustancias alimenticias necesarias: glucosa y fructosa.

Independientemente del lugar donde ha de efectuarse el encuentro de los espermatozoides con el óvulo, en las vías sexuales de la hembra o fuera del

organismo, cada espermatozoide por separado tiene pocas probabilidades de alcanzar el óvulo, pues en las vías sexuales femeninas el espermatozoide humano tiene que hacer un enorme recorrido, mientras que la velocidad de su movimiento es de 1.5-3 milímetros por minuto.

Para asegurar el encuentro de dos células sexuales, la naturaleza ha tenido que ir por el camino del empleo de enormes ejércitos de espermatozoides, incluso en aquellos casos cuando era necesario fecundar tan sólo un óvulo. Por ejemplo, durante el acto sexual en el sistema genital de la mujer, donde en el mejor de los casos puede encontrarse sólo un óvulo maduro, se introducen 200 o más millones de espermatozoides.

Además, la cosa se complica también debido a que las células sexuales (tanto femeninas como masculinas) son muy delicadas y no duran mucho. El óvulo humano muere un día después de la ovulación; los espermatozoides en las vías genitales de la mujer vive algo más de 24-28 horas.

Pero la cosa no sólo consiste en la duración de la existencia de los elementos sexuales. También es importante durante qué tiempo son capaces de efectuar la fecundación. La membrana de los huevos del salmón, al caer en el agua, se endurece tanto, que los espermatozoides ya no pueden penetrar en ella. Incluso en los propios espermatozoides la propiedad de moverse en el agua se mantiene durante un tiempo muy breve: los del salmón, 45 segundos; los de la trucha de arroyo, tan sólo 23 segundos. Precisamente en este plazo tan corto deberá suceder el encuentro de ambas células. Por eso durante la cría artificial del salmón en los centros piscicultores se mezclan previamente los huevos con los espermatozoides y después de un tiempo los echan al agua.

La duración de la vida y la propiedad de moverse de los espermatozoides puede aumentarse considerablemente conservándolos sin agua. En forma "seca" los espermatozoides de algunos peces pueden aguantar hasta una semana o dos y a veces más.

El esperma de algunos animales puede conservarse durante mucho tiempo en las vías genitales de la hembra. El apareamiento de los murciélagos transcurre durante la hibernación, pero en este momento no se produce la fecundación. El esperma, introducido en el organismo de la hembra, se conserva en las vías genitales hasta la

primavera. En los caracoles el esperma llega a conservarse durante años. En las abejas el apareamiento sucede una vez en la vida. El esperma se conserva en una bolsita especial, que está unida con las vías genitales. Cuando la reina pone los huevos, abre arbitrariamente el esfínter de la bolsita para posibilitar que los espermatozoides fecunden los huevos que está poniendo. Si la postura se efectúa con el esfínter cerrado, los huevos quedarán sin fecundar.

¿Cómo el espermatozoide encuentra al óvulo? Al presente no se conoce mucho acerca de esto. Gracias a la enorme cantidad de espermatozoides, el encuentro con el óvulo puede ocurrir como resultado de una colisión casual. Se conocen también adaptaciones especiales. Los óvulos de ciertos animales contienen sustancias especiales, las cuales al segregarse en el medio ambiente en cantidades insignificantes, bien prolongan el plazo de vida de los espermatozoides, bien les obligan a moverse hacia la fuente de esta sustancia.

La existencia de grandes ejércitos de espermatozoides no es obligatoria. Allí, donde la construcción del aparato genital facilita considerablemente el encuentro del espermatozoide con el óvulo, a los animales les es suficiente una pequeña cantidad de gametos masculinos. Por ejemplo, algunos crustáceos inferiores, pertenecientes a las daphnia, los óvulos, en una cantidad de dos, se conservan en la angosta cámara de reproducción, a donde penetran los espermatozoides durante el apareamiento, después de lo cual se cierra el orificio por el que se introdujeron. Los espermatozoides de estos animales son muy grandes, lentos y lo curioso es que son pocos. Durante el apareamiento penetran en la cámara no más de cinco y en total el macho no tiene más de 20 espermatozoides.

La fecundación comienza con la fijación del espermatozoide a la membrana del óvulo. Luego debe penetrar en el interior, pero se lo impide la membrana del óvulo. En algunos animales, como, por ejemplo, en los equinodermos y los anfibios, la membrana es muy gruesa. Con frecuencia es totalmente impenetrable para los espermatozoides, a excepción de un angosto orificio, que se llama "micropilo". Sólo por él puede penetrar el espermatozoide dentro del óvulo. Los esfuerzos, que en este caso desarrollan los espermatozoides, son enormes. Se puede observar como estos grandes óvulos de los animales marinos, comparándolos con los espermatozoides insignificantemente pequeños, bajo el esfuerzo común de sus



numerosos ejércitos, que rodean el óvulo con un denso cerco, comienzan a moverse o a girar lentamente.

El óvulo humano, además de la membrana propia, está rodeado también de una capa de células - la corona radiada y por eso es inabordable para un espermatozoide. Sólo con el esfuerzo común de varios cientos de miles de espermatozoides podría realizarse la ruptura de esta barrera, destruyéndola con la ayuda de un fermento especial, llamado hialuronidasa. Esta substancia se encuentra en las cabezas de los espermatozoides en cantidades pequeñísimas, substancia que cohesiona entre sí las células de la corona radiada. Sólo después uno de los espermatozoides podrá penetrar en el óvulo.

La penetración en el interior del óvulo provoca inmediatamente en él una serie de modificaciones y, en primer lugar, en la membrana: en un plazo muy corto se comprime tanto, que a través de ésta ya no podrá pasar ningún espermatozoide más. La formación de esta membrana asegura que la fecundación del óvulo se efectúe por un solo espermatozoide.

El óvulo se fusiona con el núcleo del espermatozoide que haya penetrado. De esta manera, el núcleo de la nueva célula, que ha surgido como consecuencia de la fusión de los gametos masculino y femenino, ya contiene el número completo de cromosomas. Después el óvulo comienza a dividirse.

En algunos casos el surgimiento de la membrana de la fecundación se demora y debido a esto en el óvulo penetran varios espermatozoides. Al fusionarse sus núcleos con el del óvulo, la cantidad total de cromosomas será mayor que la normal. Por lo demás, para algunos organismos la penetración de varios espermatozoides en el óvulo es un fenómeno normal. No obstante, también en este caso solamente uno de ellos se fusionará con el núcleo de la célula femenina. Los demás perecerán cerca de la superficie del núcleo, utilizándose su substancia para la alimentación del óvulo.

Sólo en casos muy excepcionales varios espermatozoides pueden participar en la fusión. Semejante óvulo se desarrolla, por lo general, incorrectamente y perece al poco tiempo. Sin embargo, en los insectos, las aves y otros animales, en condiciones artificiales se logra criar ejemplares hasta el estado adulto, obtenidos mediante la unión del óvulo con varios espermatozoides.

Los animales poliploides, o sea, los que poseen varios juegos de cromosomas, pueden surgir también durante la fecundación normal del óvulo con un espermatozoide, en el caso que se infrinja el proceso de la división ulterior del óvulo. Sobre todo la poliploidia está muy desarrollada en las plantas. Las células de las plantas poliploides son más grandes y como resultado el tamaño de la planta aumenta considerablemente. Todas las plantas cultivadas son poliploides. Son mucho menos frecuentes los casos de poliploidia en los animales. Es posible que esto se deba a la confusión al determinarse el sexo. En este caso no se produce la dispersión normal de las cromosomas, la división del óvulo se altera y éste perece. Sólo en los animales unisexuales la poliploidia se obtiene con facilidad.

La fecundación es una reacción específica. Esto significa que la unión puede transcurrir entre dos células sexuales de animales, que sean de una misma especie o de especies muy cercanas. La fecundación del óvulo con la esperma de animales de distintas especies se califica como un fenómeno excepcional.

Una particularidad más de la fecundación es su irreversibilidad. Si el espermatozoide que penetró en el óvulo perece debido a alguna causa, éste puede continuar el desarrollo y la división, como si no hubiera sucedido nada. El desarrollo del óvulo continuará si el espermatozoide que ha penetrado lo sacamos de allí cuidadosamente. La segunda vez ya no podrá penetrar ni un espermatozoide más en este óvulo. Los embriones que se desarrollan en estos óvulos fecundados deficientemente perecerán en las etapas prematuras de desarrollo y sólo algunas veces pueden alcanzar la edad adulta. La propiedad del óvulo de desarrollarse después de haber perecido o de extraer el espermatozoide que ha penetrado es una cualidad muy importante. Gracias a esta propiedad con el óvulo pueden suceder cosas asombrosas.

#### **4. La súplica de Salmácide enamorada**

Las leyendas griegas cuentan que la bella ninfa Salmácide- se había enamorado apasionadamente de Hermafrodita, joven de extraordinaria belleza, hijo de Hermes y Afrodita, al que habían educado las náyades. Ella se dirigió a los dioses, rogándoles que les hicieran inseparables para toda la vida. Los dioses, que

atendieron la petición, los unieron en un cuerpo único. Naturalmente, este fabuloso ser resultó bisexual.

No sólo a los dioses griegos, sino también a la naturaleza le gustaba bromear. En la Tierra hay bastantes hermafroditas - verdaderos seres bisexuales. Hay hermafroditas naturales y patológicos, que surgen como anomalía congénita. ¿Qué representan en sí los seres hermafroditas?

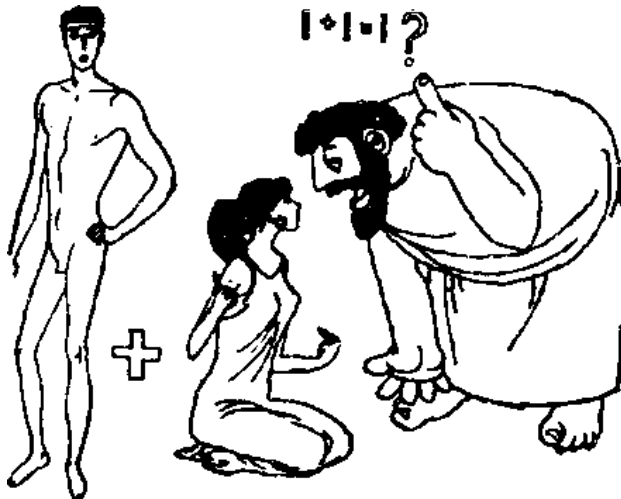
Los verdaderos hermafroditas poseen obligatoriamente dos glándulas sexuales, una de éstas produce células sexuales masculinas y la otra, células sexuales femeninas. No es menester, sin embargo, pensar que estos animales, operando con las células sexuales de ambos géneros, estén en condiciones de alumbrar a un nuevo ser. Se conocen tales animales, pero son muy pocos. Para que puedan reproducirse, la mayoría de los animales hermafroditas necesitan que en este proceso, igual que en los organismos diclinos, participen no menos de dos individuos.

La autofecundación se observa con mayor frecuencia en aquellos animales que llevan un modo de vida parasitario. Si no fuese por esto, el parásito, aislado de todo el mundo en el cuerpo del dueño, no podría dejar descendientes.

Durante la autofecundación es bastante frecuente la imitación del proceso de apareamiento. Para que pueda efectuarse el encuentro de los gametos, una de las lombrices ciliares debe introducir su propio órgano copulativo en un orificio especial que hay en su cuerpo. El autoapareamiento no siempre es obligatorio. A veces la construcción de los órganos sexuales garantiza el encuentro de los productos sexuales. En el antobotrio - anthobothrium - gusano plano, que parasita en los intestinos del tiburón, los conductos de las glándulas sexuales masculinas y femeninas desembocan en una cloaca común donde se encuentran los productos sexuales.

Algunos hermafroditas pueden realizar la autofecundación; no obstante, no aprovechan esa posibilidad, recurriendo a la ayuda de su compañero para la reproducción de la prole. En el trematodo que parasita en la vejiga urinaria de la rana, el apareamiento de dos individuos es una cosa habitual. La autofecundación se efectúa sólo en el caso cuando no hay compañeros.

Para muchos hermafroditas es imposible la autofecundación. Las causas pueden ser



muy diversas. La más frecuente se debe a que los productos sexuales masculinos y femeninos maduran en distinto tiempo. Pero a veces ocurre que las células sexuales femeninas no pueden ser fecundadas por los espermatozoides de ese mismo organismo. Este fenómeno se observa en la ascidia, pero el mecanismo no ha sido descubierto todavía.

La mayoría de los organismos hermafroditas, incapaces de ejercitar la autofecundación, en el período de reproducción desempeñan simultáneamente las funciones del macho y de la hembra o en distintos períodos de la vida juegan unas veces un papel, otras veces, otro.

El representante del primer grupo es la muy conocida lombriz de tierra. En el decimoquinto segmento de cada lombriz hay dos orificios sexuales: uno para expulsar la esperma y el otro para recibirla. Durante el apareamiento, dos lombrices se adhieren entre sí, de tal manera que el orificio designado para expulsar la esperma de la lombriz coincida con el orificio designado para recibirla. Gracias a la secreción de una mucosidad viscosa, ambos ejemplares pueden encontrarse en esta posición durante un tiempo bastante grande.

Otro representante muy interesante del mismo grupo es el gusano diplozoon, que parasita en las branquias de los ciprínidos. Hasta llegar a la pubertad, los parásitos jóvenes viven individualmente. Más tarde se unen en parejas en forma de cruz y en esta posición pasan el resto de su vida. Son hermafroditas y se fecundan mutuamente. Los parásitos de la familia syn gamidae, que viven en el buche de las

aves, unidos en parejas se pasan toda la vida en estado de apareamiento, formando la letra latina V.

También es muy numeroso el grupo de hermafroditas cuyo sexo varía en dependencia del producto que haya madurado. Así es la conducta de la ascáride, que vive en los pulmones de la rana. Los cangrejos isópodos, así como algunos moluscos, al principio de su vida desempeñan el papel de macho y en la segunda mitad, de hembra.

A veces el cambio de sexo se observa también en organismos diclinos altamente organizados. En los acuarios de los piscicultores aficionados son muy corrientes los peces vivíparos, llamados xiphophorus. Con frecuencia se puede ver cómo la joven hembra, después de haber traído la prole, se convierte en un macho de pleno valor. Tales fenómenos pueden observarse también en las ranas.

Es oportuno hablar en este capítulo acerca de un fenómeno, que de ningún modo es único y que hace recordar el hermafroditismo, como es el parasitismo del representante de un sexo en el cuerpo del otro. En las vías genitales de la hembra de la *bonella viridis*, de la *tricosoma* y de otros gusanos viven varios machos. Ellos se asemejan muy poco a la hembra y por su aspecto exterior se les podría clasificar como de otra especie de animales. Tal confusión tuvo lugar. Es natural que viviendo los machos directamente en las vías genitales de las hembras, aumentarían considerablemente las posibilidades de una fecundación exitosa.

Se conocen casos cuando la hembra vive en el cuerpo del macho. El pequeño macho del *dístoma sanguíneo*, que parasita en la sangre humana, tiene en el cuerpo un profundo pliegue en forma de tubo, donde se encuentra la hembra. Del tubo sobresalen solamente las partes anterior y posterior del parásito. Con anterioridad ya hemos hablado de los extraordinarios peces de aguas profundas - los *melonocetos* - cuyos machos parasitan en el cuerpo de sus compañeras.

El hermafroditismo es un fenómeno muy corriente en los animales inferiores. En los superiores sólo se encuentra como una anomalía bastante rara. Tales anomalías de desarrollo también se encuentran a veces en el hombre. Lo más frecuente es que dicho fenómeno se limite a la aparición en el enfermo de ciertos síntomas exteriores del sexo contrario. Al hombre no le crece la barba ni los bigotes, se le desarrollan muchísimo las glándulas mamarias, se observa la adiposidad en las caderas y en

otros lugares del cuerpo, dándoles a los miembros cierta redondez. En la mujer, por el contrario, se desarrolla el cuero cabelludo en la cara, en las piernas y en otras partes del cuerpo, las glándulas mamarias pueden desarrollarse muy poco y el timbre de la voz es masculina.

Es menos frecuente que los órganos sexuales adquieran rasgos que puedan asemejarse con los órganos genitales del sexo contrario. A veces están tan poco desarrollados, que se hace imposible determinar el sexo.

A tales fenómenos se le dio el nombre de hermafroditismo falso, ya que la cosa sólo se limita al cambio de los rasgos externos. Las glándulas sexuales de dichos sujetos se refieren a cualquiera de los dos sexos, aunque puedan estar poco desarrollados.

El verdadero hermafroditismo es cuando el paciente posee ovario y testículo, pero esto se observa muy rara vez. Se conocen varios casos fidedignos, además, en la mayoría de ellos la actividad funcional de pleno valor sólo la poseían las glándulas de uno de los dos sexos.

Es posible equivocarse en cuanto a establecer correctamente el sexo del hermafrodita al nacer éste (¡y no sólo al nacer!), por eso la partera tiene que determinar al momento la cuestión para registrarlo en su documentación correspondiente. Más tarde la tendencia errónea educacional puede conducir a la discordancia del carácter psíquico y la inclinación sexual del paciente con el estado de las glándulas genitales que él posee. En los verdaderos hermafroditas puede variar durante su vida el carácter psíquico y la tendencia sexual.

Ahora, gracias al alto desarrollo de la técnica operatoria, este defecto del desarrollo puede eliminarse sin riesgo para el paciente. Al resolver la cuestión de cuáles glándulas sexuales deberán ser eliminadas, el médico no se guía por la capacidad funcional de las mismas, sino por el carácter psíquico del enfermo, y de acuerdo con esto, él ejecuta la operación. Sólo en aquel caso cuando no se puede determinar con precisión el carácter psíquico, el cirujano hará la operación, guiándose por el estado de las glándulas sexuales.

## **5. Algo acerca de la concepción inmaculada**

Estamos acostumbrados a pensar que en los seres vivos, con células sexuales, el surgimiento del embrión siempre se acompaña de la unión del óvulo y el

espermatozoide. Pero esto no siempre es así. En algunos animales los óvulos son capaces de desarrollarse de por sí solos, sin ninguna participación de las células sexuales masculinas. Este fenómeno lo descubrió Lewenhock a principios del siglo XVIII y recibió el nombre de reproducción virginal o partenogénesis.

Cualquiera que sea el método de reproducción, siempre quedará algún óvulo sin fecundar. Todos mueren al poco tiempo, aunque esta regla tenga numerosas excepciones. Los óvulos de los equinodermos, algunas lombrices y artrópodos, que quedaron sin fecundar, podrán comenzar a dividirse, igual que los fecundados, pero su desarrollo no llegará hasta el final. En un período determinado este proceso se interrumpirá y entonces el embrión perecerá. En estos organismos muy rara vez surgen de los óvulos sin fecundar nuevos seres que tengan pleno valor.



No obstante, se conocen animales (algunos especies de saltamontes y otros insectos, en los cuales los óvulos sin fecundar se desarrollan normalmente y las larvas que salieron de ellos se desarrollan hasta ser adultos, así que el método común de reproducción no siempre es obligatorio..

En los animales que acabamos de mencionar la partenogénesis es un fenómeno casual, que no tiene gran importancia para la especie. A diferencia de aquéllos, hay organismos que no podrían existir sin esto y sólo se reproducen partenogenéticamente o turnándose la reproducción partenogenética con la normal. El último de reproducción recibió el nombre de partenogénesis estacional. Es propio de los pulgones y de muchos otros insectos.

De todos los huevos que pone en otoño el piojo de la vid, la filoxera, en primavera se desarrollan solamente las hembras, llamadas fundadoras. De los 50 huevos que pone cada una de ellas, se desarrollan partenogenéticamente hembras similares, las cuales, a su vez, ponen huevos sin fecundar. Durante el verano nacen varias generaciones; los padres, igual que antes, están ausentes. Sólo con la llegada del

otoño salen de los huevos sin fecundar dos especies de hembras aladas, que no se parecen casi entre sí. Parte de éstas pondrán huevos más grandes, de los cuales saldrán hembras. De los huevos más pequeños, puestos por las otras, saldrán machos. Y estos huevos, claro está, se desarrollarán partenogenéticamente. La reproducción sexual sólo comenzará con la aparición de los machos.

¿De qué sexo serán los animales que nacieron de huevos desarrollados partenogenéticamente? En el ejemplo de la filoxera hemos visto que son machos y hembras. Más numerosos aún son los casos cuando el desarrollo partenogenético sólo da machos. Una reina vieja, después de haber consumido toda la reserva de esperma que había recibido al aparearse, pone huevos, de los cuales sólo se desarrollan zánganos. No es difícil comprender la utilidad de este fenómeno para conservar la especie. La aparición de zánganos en este período debe garantizar la fecundación de la joven abeja reina.

Muchos animales pueden vivir sin la reproducción sexual. Se ha hecho una observación especial durante 28 años con una especie de pequeños cangrejos. Durante este tiempo se obtuvieron 124 generaciones y entre éstas no se halló ningún macho: todas las 124 generaciones se habían obtenido partenogenéticamente. Una partenogénesis permanente como esa se ha observado también en ciertas especies de hormigas, en la mosca de la sierra, en el mosquito cínife y en otros insectos. Todas las generaciones de estos animales se componen solamente de hembras. Aquí están ausentes los machos y si aparecen alguna vez, suelen ser defectuosos y no participan en la reproducción.

No hay que pensar que la partenogénesis es propia exclusivamente de los animales poco desarrollados. En Armenia viven seis subespecies del lagarto de las rocas; a tres de ellos todavía no se le han podido descubrir machos. Las hembras de dichas subespecies ponen huevos sin fecundar, los cuales son capaces de desarrollarse partenogenéticamente.

La pedogénesis es una forma muy interesante de la partenogénesis. Ya hemos tratado acerca de las "conmecedoras y cariñosas" larvas de la mosca de Galia, que devoran a su madre. Otro ejemplo curioso son los trematodos, que parasitan en los peces. Del único huevo, que se encuentra en el cuerpo de la madre, se desarrolla el embrión; en él, a su vez, se desarrolla otro partenogenéticamente, en cuyo cuerpo



surge el embrión de la tercera generación y etcétera. Simultáneamente se desarrollan cinco generaciones, metidas una dentro de la otra, igual que las muñecas rusas de madera. Los representantes de la sexta generación son los únicos que llegan a la pubertad.

Surge la pregunta: ¿sólo la célula sexual femenina es capaz de desarrollarse partenogénicamente? Resulta que en cierto grado también a los espermatozoides les es propia esta cualidad. La ausencia de la reserva necesaria de sustancias alimenticias en el espermatozoide impide el desarrollo partenogénico del mismo. Por eso se obtienen resultados muchos mejores al fecundarse los fragmentos sin núcleos del óvulo por medio de espermatozoides normales. Aquí el espermatozoide halla grandes reservas de sustancias alimenticias, que es precisamente lo que asegura su desarrollo. En los erizos de mar se han obtenido embriones pequeños durante la fecundación de los fragmentos sin núcleos, equivalentes por su dimensión a 1/37 parte del huevo entero.

Gracias a que la partenogénesis es un fenómeno tan común, se han hecho intentos para provocarlo artificialmente. Con este fin se han utilizado el calor, el frío, la radiación ultravioleta, la radioactiva, los ácidos y álcalis, soluciones hipotónicas e hipertónicas, disolventes de grasas, alcaloides y otras sustancias; se recurrió a la desecación, a la fricción, a la inyección, etc. Aplicando los métodos de influencia, enumerados, se logró provocar el desarrollo del óvulo. Verdad es que no siempre era posible llevarlo hasta el final, pero en parte se explicaba debido a la gran complejidad en cuanto a la creación de las condiciones necesarias en el laboratorio para el desarrollo normal de los óvulos y los embriones.

A veces los óvulos estimulados artificialmente se desarrollan de una manera incorrecta. Esto está determinado por distintas causas. Una de ellas es la asimetría del futuro embrión. Para la mayoría de los organismos el sitio de entrada del espermatozoide en el óvulo determina la dirección del plano de simetría bilateral del embrión. Ninguno de los influjos utilizados hasta el momento ha podido sustituir en este sentido a los espermatozoides y efectuar la excitación en una zona muy limitada del óvulo. Incluso el pinchazo de la aguja no imita totalmente el efecto del espermatozoide y esto se debe única y exclusivamente a que el tiempo de acción es mucho menor que lo que tarda en pasar el espermatozoide a través de la

membrana del óvulo. A pesar de todo, en muchos animales, incluyendo la lamprea, los peces, las ranas e, incluso, los mamíferos, se ha logrado obtener organismos totalmente normales.

Los numerosos y distintos métodos de influencia, que provocan la activación de los óvulos, permiten explicar los casos de partenogénesis espontánea. Los diversos efectos nocivos, los procesos de inflamación y muy especialmente los degenerativos, son sus causas. Es indudable que el número de casos que conoce la ciencia en cuanto al desarrollo partenogenético espontáneo en los mamíferos es insignificante; en comparación con lo que realmente sucede, ya que los óvulos en desarrollo perecen en las etapas prematuras de segmentación.

Las células sexuales femeninas humanas también son capaces de desarrollarse partenogenéticamente. Verdad es que para lograr la culminación de este desarrollo con el nacimiento del niño, es necesaria la afortunada coincidencia de circunstancias felices, coincidencia que prácticamente es improbable. El desarrollo partenogenético de las células sexuales femeninas humanas puede provocarse artificialmente. En condiciones de laboratorio se han observado las primeras etapas de segmentación del óvulo humano sin fecundar, situado en suero de sangre. La muerte de dichos óvulos llegaba como consecuencia de su desarrollo anómalo, y también porque los científicos no habían logrado crear para el óvulo condiciones bastante favorables, necesarias para su desarrollo normal. Los éxitos que ha logrado alcanzar en esta rama Petrucho, científico italiano, nos dan esperanzas de que el desarrollo partenogenético del embrión humano será observado hasta etapas mucho más avanzadas.

## **6. ¿Cuántos pollos pueden salir del cascaron?**

Cuando una ama de casa pone debajo de la gallina decena y media de huevos, ella no espera que salgan 30 pollitos. El cálculo de uno a uno parece ser totalmente evidente. Efectivamente, de cada óvulo fecundado, en la inmensa mayoría de los animales se desarrolla un embrión.

No obstante, a veces, debido al desarrollo irregular del óvulo, cuyas causas no están bastante claras hasta el momento, dos células, que se formen como resultado de la primera segmentación, ulteriormente adquirirán independencia y darán comienzo a

dos embriones. Surgirán mellizos de un solo huevo. La división puede transcurrir también en etapas más avanzadas, cuando el embrión esté formado de varias decenas e, incluso centenas de células.

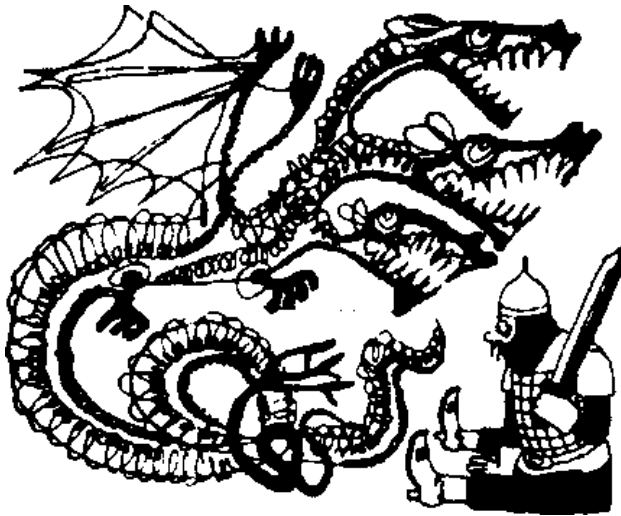
Los mellizos de un solo huevo son conocidos en los más diversos animales, así como en el hombre. Quizá con menos frecuencia se observen en las aves. La ciencia conoce solamente casos aislados. Entre ellos, dos minúsculos pollitos con un peso de 11 y 16 gramos, que salieron de un mismo huevo. Investigaciones minuciosas demostraron que la división del huevo en dos mitades sucede también en las aves, pero, por lo general, estos embriones se malogran.

Además de los organismos, en los cuales el nacimiento de mellizos de un solo huevo es una cosa casual, existen bastantes para quienes esto es obligatorio y normal. Entre ellos hay seres altamente desarrollados. A los últimos se refiere el armadillo, un mamífero americano. En la variedad del armadillo de Tejas, animal que es muy interesante, siempre se desarrollan cuatro embriones de un óvulo fecundado (pero antes de cada preñez en el armadillo sólo madura un óvulo). El número de crías de su cofrade meridional varía, pero, generalmente, no es mayor de nueve. Todas las crías de la camada son de un mismo sexo.

Con mayor frecuencia se observa el desarrollo de varios embriones de un mismo óvulo en los organismos parasitarios. A ellos esta adaptación les es muy necesaria para conservar la especie, principalmente en los parásitos, a quienes les es bastante difícil penetrar en el cuerpo de su futuro dueño. Algunos de ellos ponen sus huevos en los huevos de la mosca de Hesse. El huevo del parásito se divide en 16 células. De cada una de estas, después de su división ulterior, pueden surgir uno o dos embriones. De esta manera, un huevo podría dar 32 nuevos organismos, pero en condiciones normales no nacen más de ocho.

¡En algunas especies de icneumones, cada huevo puede dar 1000-1500 individuos! Desde luego, para una cantidad tan enorme de embriones en el huevo no hay la suficiente cantidad de material alimenticio. El desarrollo de los embriones resulta ser posible única y exclusivamente gracias a que desde un principio esto transcurre a cuenta de la víctima. A estos huevos no les hace falta reserva de sustancias alimenticias, por eso no las hay en los huevos de dicha especie de icneumones.

No siempre las crías que salieron de un mismo cascarón son en realidad mellizos de



un mismo huevo. En el *Rhinobatos lengitinosus*, en la raya de ojos dobles y en el pez sierra, de un huevo salen 3 ó 5, e incluso 8 crías, y en algunas rayas pastinacas hasta 12. Sería falso, en este caso, pensar que éstas se desarrollaron de un solo óvulo.

Simplemente, una cápsula contiene varios huevos independientes, de los que se desarrolla el número de crías correspondiente.

Los mellizos de un solo huevo pueden obtenerse también cuando el huevo no se divide totalmente. Pero entonces nacen crías que tienen pegadas algunas partes de su cuerpo. Si la división del huevo fue en una parte inconsiderable, entonces nacerán monstruos. Se conocen pollos con cuatro patas; terneros unidos o con dos cabezas, burros y peces con dos rabos (colas), una alondra con dos cabezas. Una vez pescaron un delfín que tenía dos cabezas. Sobre todo son frecuentes los monstruos en los reptiles. Muchas veces se han encontrado serpientes de dos o de tres cabezas. Notemos de paso, por lo visto, semejantes hallazgos han jugado un determinado papel en el surgimiento de los cuentos acerca de los dragones con varias cabezas y en el escudo del Imperio Bizantino apareció el águila bicéfala, apropiada más tarde por el zar ruso Iván III.

¿Se podrían criar varios organismos de un solo huevo por vía artificial?

Si separamos cuidadosamente las dos mitades de un huevo que acaba de dividirse, entonces de cada célula podría desarrollarse un organismo de pleno valor. Incluso

después de la segunda división, de las cuatro células podrán obtenerse animales independientes, totalmente normales. Después de la tercera o cuarta división, las 8 ó 16 células están en condiciones de comenzar el desarrollo normal, pero los embriones, por lo común, perecen en los primeros estadios de la embriogénesis. La división celular artificial del huevo, en los estadios más tardíos, aún no ha tenido éxito.

Así, pues, no es absolutamente obligatorio que de un cascarón salga un solo pollito.

**F I N**