

carbohidratos son sintetizados por las plantas verdes, durante el proceso de la *fotosíntesis*. La inmensa variedad de plantas verdes, que hay en la Tierra, explica la abundancia de los carbohidratos. A pesar de su cantidad, no hay en los organismos vivos una gran variedad de carbohidratos. Muchos son exactamente iguales, lo mismo si se trata de un roble, de una jirafa o de uno mismo.

Los carbohidratos están formados por moléculas llamadas *azúcares simples* o *monosacáridos*. Los tres azúcares simples más importantes son: *glucosa*, *galactosa* y *fructosa*. Los tres tienen la misma fórmula condensada $C_6H_{12}O_6$, aunque son diferentes. Esto es fácil de comprobar con sus fórmulas estructurales de los átomos de las moléculas es diferente y les da a cada una sus características propias. (Fig. 2-10).

¿En cuáles organismos vivos se pueden encontrar los azúcares simples? La mayor parte de ellos se encuentran en las plantas y productos vegetales. La glucosa, se encuentra en las uvas y en la miel. En efecto, este azúcar se llama, con frecuencia, "azúcar de uva". La fructosa, como se presume, si se conoce algo de etimologías, se encuentra en diversas frutas y también en la miel. En cambio, la galactosa, rara vez se encuentra sola como monosacárido; que casi siempre está combinado con otros monosacáridos y forma parte de una molécula grande.

De los tres monosacáridos, la glucosa es la que desempeña un papel más importante en la mayoría de los organismos vivos. La energía de los enlaces de la glucosa proporciona, indirectamente, la mayor parte de la energía que necesitan los organismos para su propia actividad. ¿Significa eso que cada organismo debe tener su propio almacén de uvas o de miel, para obtener la glucosa necesaria? Esta pregunta se podrá contestar mejor, después de haber aprendido algo acerca de las moléculas mayores de carbohidratos.

Cuando se unen dos moléculas de monosacáridos se produce una molécula de un *azúcar doble*, o *disacárido*. Los azúcares dobles son un poco más complejos. La *sacarosa* es una molécula de disacárido formada por una molécula de fructuosa y otra de glucosa. En la Fig. (2-11), se muestran las fórmulas estructurales de los tres disacáridos más importantes. De los disacáridos, el más importante es la *sacarosa*. Si aún no lo ha intuido le diremos que la *sacarosa* es el azúcar común que usamos en la casa. Aunque la *sacarosa* se obtiene de muchas plantas, la de mejor calidad es de caña de azúcar, de remolacha y de arce.

Todos los disacáridos que comemos, para que puedan ser absorbidos por la sangre es necesario que se rompan en sus respectivos monosacáridos.

La *celulosa* es un carbohidrato formado por muchas unidades. La mayor parte de los carbohidratos se encuentran en forma de grandes moléculas compuestas de una o de muchas unidades de monosacáridos, ligeramente cambiados en azúcares simples. Las moléculas grandes de carbohidratos se llaman *polisacáridos*, que significa "muchos azúcares". La *celulosa*, que es el polisacárido más abundante, está constituido por un gran número de moléculas de glucosa. Es de suponer que algo de lo que usted lleva puesto o algo de donde está sentado sea de *celulosa*. Debe saber que lo que está viendo en este momento -- el papel -- es de *celulosa*.

La *celulosa* difiere en un aspecto importante de otros polisacáridos formados de glucosa. Las unidades de glucosa están muy unidas de manera que pocos organismos la puedan separar con sus jugos gástricos. Herbívoros como las ovejas, caballos, ganado cabrío y vacuno, comen *celulosa*, pero, gracias a los microorganismos que se encuentran en su aparato digestivo, pueden desdoblar sus moléculas y digerirla.

El aminoácido de las plantas y el glucógeno también son
 polisacáridos. Estos dos polisacáridos de glucosa represen-
 tan un importante almacén para la glucosa. Las
PROTEÍNAS.

Hasta ahora, se han estudiado las moléculas
 que son las mismas, o casi las mismas, en todos los
 organismos vivos. Pero no es lo mismo, en el caso
 de las *proteínas*, puesto que en cada organismo se
 encuentran cientos, o tal vez, miles de proteínas
 diferentes. Aunque algunas de ellas pueden ser las
 mismas para ciertos organismos, hay la posibilidad
 de que en cada organismo muchas de sus proteínas
 sean únicas; este es un hecho importante. La gran
 diversidad de proteínas, al nivel molecular, es lo
 que cuenta para la gran diversidad de células, teji-
 dos, órganos y organismos individuales.

Los aminoácidos, son las unidades básicas de
 las proteínas. Las proteínas son como cadenas de mo-
 léculas formadas por otras moléculas más pequeñas
 llamadas *aminoácidos*. Cada aminoácido representa un
 eslabón de la cadena. (Ver Fig. 2-12). De la misma
 manera que los monosacáridos son los azúcares sim-
 ples de las grandes moléculas de los polisacáridos,
 los aminoácidos son las unidades para la formación
 de las moléculas de las proteínas. En la materia
 viva hay unos 20 aminoácidos comunes. Dentro de
 una proteína determinada se puede encontrar muchas
 veces un aminoácido. Las proteínas contienen, a me-
 nudo, varios cientos de aminoácidos.

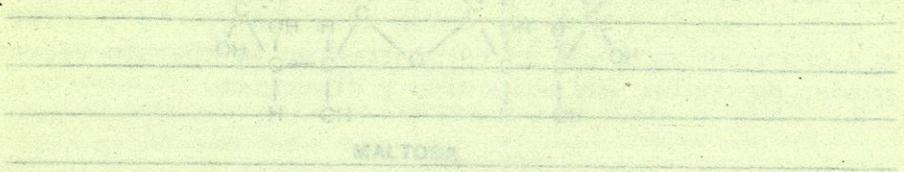


Fig. 2-12 Las proteínas son
 largas cadenas de aminoácidos.

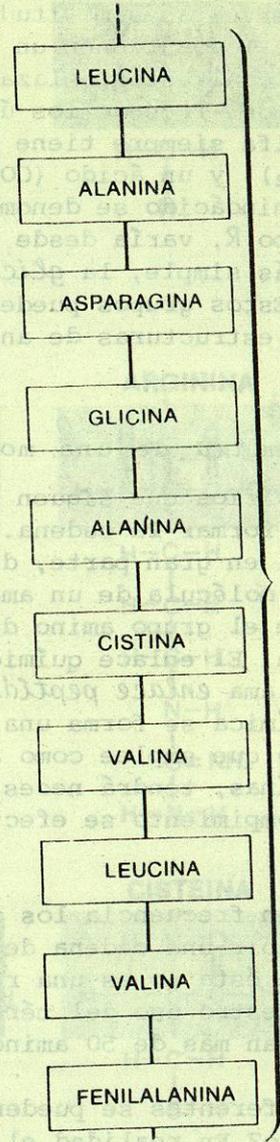


Fig. 2-12 Las proteínas son
 largas cadenas de aminoácidos.

En la Fig. (2-13), están las fórmulas estructurales de algunos aminoácidos, observe las similitudes y las diferencias que hay entre ellos. Todos tienen un átomo de carbono - llamado *carbono alfa*, al cual están enlazados otros cuatro - grupos diferentes de átomos. Tres de los últimos son siempre los mismos. El carbono alfa siempre tiene un átomo de hidrógeno, un grupo amino (NH_2) y un ácido (COOH). El grupo que es diferente para cada aminoácido se denomina radical y se representa por *R*. El grupo *R*, varía desde un átomo de hidrógeno, en el aminoácido más simple, la *glicina*, hasta grupos de átomos más complejos. Estos grupos pueden ser cadenas lineales, como la arginina, o estructuras de anillo, como el triptófano.

La estructura primaria de una molécula de proteína es la secuencia específica que siguen los aminoácidos al unirse unos a otros para formar la cadena. El comportamiento de cada proteína depende, en gran parte, de esta secuencia. Los enlaces que unen una molécula de un aminoácido con otra molécula, se forman entre el grupo amino de una molécula y el grupo ácido de la otra. El enlace químico que resulta entre dos aminoácidos se llama *enlace peptídico*. Observe que durante esta reacción química se forma una molécula de agua. Nuestro organismo, u otro que emplee como alimentos a los aminoácidos de las proteínas, tendrá necesidad de romper ese enlace peptídico. Este rompimiento se efectúa durante el proceso digestivo.

Los químicos usan con frecuencia los términos *peptido* y *polipeptido* para describir una cadena de proteínas de menos de 50 aminoácidos. Aunque ésta no es una regla precisa. la usaremos y limitaremos nuestro uso del término *proteína* para las moléculas que contengan más de 50 aminoácidos.

¿Cuántas palabras diferentes se pueden formar combinando las 28 letras del alfabeto? En realidad el número de palabras que se pueden formar es muy grande y todavía lo es mucho más el número de combinaciones de letras que se pueden hacer. -- Una cosa semejante acontece en la naturaleza cuando se forman

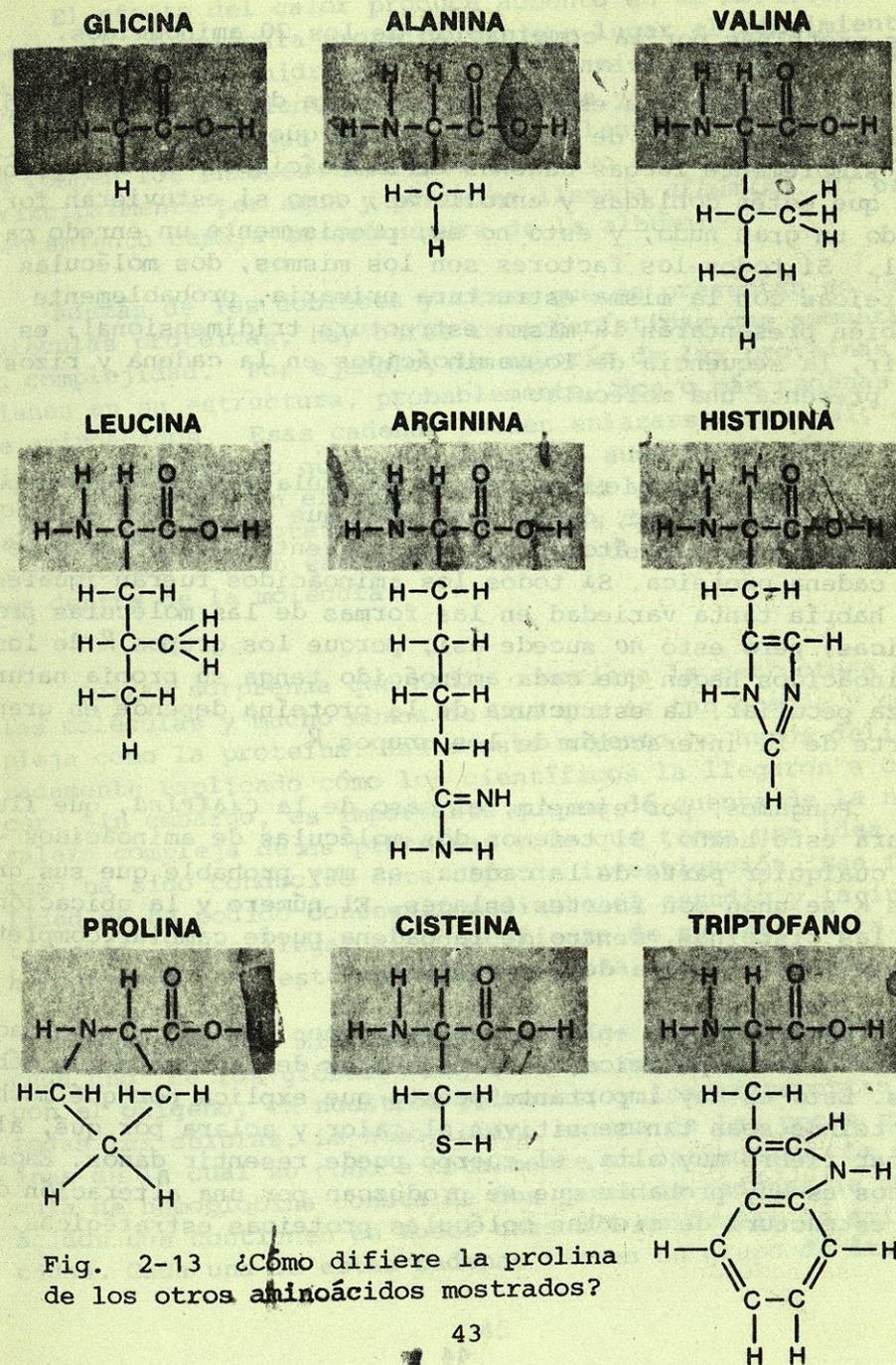


Fig. 2-13 ¿Cómo difiere la prolina de los otros aminoácidos mostrados?

las proteínas por la combinación de los 20 aminoácidos.

Si conociera la estructura primaria de una proteína sólo conocería una parte de su historia, ya que muchas de ellas no son simplemente largas cadenas de aminoácidos. Es muy probable que estén dobladas y enrolladas, como si estuvieran formando un gran nudo, y esto no es, precisamente un enredo casual. Si todos los factores son los mismos, dos moléculas proteicas con la misma estructura primaria, probablemente también presentarán la misma estructura tridimensional; es decir, la secuencia de los aminoácidos en la cadena y rizados que presenta una molécula.

Los dobleces y rizados de una molécula de proteínas dependen, principalmente, de la atracción que existe entre los átomos o grupos de átomos, que se encuentran a lo largo de la cadena proteica. Si todos los aminoácidos fueran iguales, no habría tanta variedad en las formas de las moléculas proteicas; pero esto *no* sucede así, porque los grupos *R* de los aminoácidos hacen que cada aminoácido tenga su propia naturaleza peculiar. La estructura de la proteína depende en gran parte de la interacción de los grupos *R*.

Pongamos, por ejemplo, el caso de la *cisteína*, que ilustrará este hecho. Si tenemos dos moléculas de aminoácidos en cualquier parte de la cadena, es muy probable que sus grupos *R* se unan con fuertes enlaces. El número y la ubicación de las *cisteínas*, dentro de la cadena puede cambiar completamente la estructura de esa proteína.

Muchos de los enlaces que mantienen doblada y enroscada a la molécula proteica, son los puentes de hidrógeno más débiles. Esto es muy importante puesto que explica por qué muchas proteínas sean tan sensitivas al calor y aclara por qué, al tener fiebre muy alta, el cuerpo puede resentir daños. Esos daños es muy probable que se produzcan por una alteración de la estructura de ciertas moléculas proteicas estratégicas.

El efecto del calor produce aumento en el movimiento dentro de la molécula proteica y tiene lugar el rompimiento de los enlaces de hidrógeno. El calentamiento también puede producir el rompimiento de unos enlaces y la formación de otros; esto es lo que sucede cuando calentamos un huevo y se rompen los enlaces. La clara de huevo está constituida, principalmente por agua y proteína llamada *albúmina*. El calentamiento cambia la estructura de la albúmina.

Además de los dobleces y rizados que se presentan en las moléculas proteicas, hay otras características que aumentan su complejidad. Por ejemplo, la mayoría de las proteínas tienen en su estructura, probablemente, dos o más cadenas de aminoácidos. Esas cadenas pueden enlazarse entre sí, de diversas maneras lo que da lugar a que aumente el número de dobleces y rizados en el interior de la molécula. Además, se sabe que muchas proteínas tienen átomos de diferentes clases. Estos átomos pueden estar en un número de diferentes posiciones dentro de la molécula.

Quizás sorprenda que nadie conociera la estructura de las moléculas y mucho menos de una que es tan grande y compleja como la proteína. Hasta este momento no hemos deliberadamente explicado cómo los científicos la llegaron a conocer. Sin embargo, es importante que se dé cuenta de la naturaleza compleja de las proteínas y de que tenga una idea de cómo ha sido conducido este tipo de investigación. Esa finalidad se ha podido conseguir mediante el estudio y la investigación, hasta llegar al conocimiento de su estructura. La *hemoglobina* para este propósito, es una molécula ideal.

Hay unos 280 millones de moléculas de hemoglobina en cada uno de los glóbulos rojos. Esas moléculas se combinan con el oxígeno, en nuestros pulmones, y los transportan a todas las células. La hemoglobina es una de las pocas proteínas de la cual se conoce totalmente su estructura. La molécula de hemoglobina consta de dos pares de cadenas de aminoácidos que contienen en total unas 574 moléculas de aminoácidos. Cada una de estas cadenas tienen un grupo de átomos