

TEMA 13: INTRODUCCIÓN AL METABOLISMO.

1.- TRANSFORMACIONES ENERGÉTICAS EN LAS CÉLULAS VIVAS.

Uno de los atributos más sobresalientes que caracterizan a la materia viva es su elevado grado de organización, su gran complejidad estructural en contraposición con el azar que reina en la materia inerte. Esta gran complejidad parece, en un primer análisis, estar en contradicción con algunas leyes físicas. La segunda Ley de la Termodinámica (rama de la Física que estudia la energía y sus transformaciones) establece que los procesos físicos y químicos tienden a aumentar el desorden, el caos, en el universo, es decir, su **entropía**. Sin embargo los seres vivos pueden crear y mantener su complicada ordenación en un entorno que está relativamente desordenado y que lo está cada vez más en el transcurso del tiempo, es decir, parecen ser capaces de crear **orden a partir del desorden**, lo que estaría en contradicción con la segunda Ley.

Estas primeras apreciaciones resultan ser erróneas cuando se estudian en profundidad las transformaciones energéticas que tienen lugar en las células vivas: los seres vivos no transgreden las leyes termodinámicas sino que presentan una especial habilidad para explotarlas en beneficio propio.

¿Cómo consiguen los seres vivos edificar y mantener sus intrincadas estructuras? Puesto que no pueden consumir ni crear energía sino solamente transformar una forma de energía en otra (primera Ley de la Termodinámica) los seres vivos absorben de su entorno una forma de energía que les es útil para construir sus propias y complejas estructuras (**energía libre**) y devuelven al ambiente una cantidad equivalente de energía en alguna forma menos utilizable (generalmente el calor) contribuyendo de esta manera a aumentar el desorden o entropía del mismo. Todo ello de manera que el aumento del orden en las células vivas se compensa con un aumento mayor del desorden en su entorno, con lo cual se cumple lo que establece la segunda Ley.

En lenguaje termodinámico, los seres vivos son **sistemas abiertos** (intercambian materia y energía con su entorno) que se encuentran en **estado estacionario** (el flujo de materia y energía es igual en ambos sentidos), es decir, se encuentran alejados del **equilibrio termodinámico** (ausencia de intercambios de materia y energía). Ahora bien, la capacidad de los seres vivos para mantenerse en ese estado estacionario es limitada en el transcurso del tiempo, por lo que todos tienden a alcanzar finalmente el **equilibrio termodinámico**, es decir, la **muerte**.

Podemos considerar, pues, que la célula, en cuanto que unidad funcional de los seres vivos, es una máquina de extraer energía libre de su entorno, en el cual origina un aumento de entropía. Las células vivas son muy eficaces en la manipulación de la materia y la energía: convierten la energía en diversas formas de trabajo con un rendimiento mucho mayor que el de cualquier máquina construida por el hombre.

¿De qué modo las células vivas manipulan tan eficazmente la energía? La maquinaria de transformación energética de las células vivas está constituida por moléculas orgánicas relativamente frágiles e inestables, incapaces de resistir temperaturas elevadas o corrientes eléctricas intensas. Por estas razones las células no se parecen a las máquinas térmicas o eléctricas con las que estamos familiarizados en la vida diaria, sino que son **máquinas químicas isotérmicas**: sea cual fuere la forma de energía que obtienen de su entorno, la transforman en energía química de los enlaces de sus biomoléculas constituyentes y la utilizan después para realizar distintas formas de trabajo celular (trabajo químico de la biosíntesis de nuevas biomoléculas, trabajo osmótico de transporte a través de las membranas y trabajo mecánico de la contracción o locomoción). Todavía la moderna tecnología no ha sido capaz de diseñar una

máquina capaz de convertir isotérmicamente energía química en mecánica, tipo de conversión que a todos nos resulta familiar en la contracción del músculo.

Las células pueden funcionar tan eficazmente como máquinas químicas porque disponen de unos poderosos *catalizadores* denominados **enzimas**. La mayoría de las reacciones químicas que integran la maquinaria celular para la manipulación de la energía son extraordinariamente lentas en las condiciones de pH neutro y temperatura suave imperantes en la célula; algunas sencillamente no se producen a velocidades significativas en dichas condiciones. Por ello, las células vivas necesitan catalizadores capaces de aumentar de modo considerable la velocidad de tales reacciones. Estos catalizadores son los enzimas. Además de producir aumentos espectaculares en la velocidad de las reacciones químicas celulares los enzimas presentan una gran **especificidad**: pueden inducir la transformación de un solo tipo de moléculas sin afectar a las demás presentes en el medio de reacción. La especificidad de los enzimas permite a las células llevar a cabo simultáneamente centenares o miles de reacciones químicas sin que unas interfieran con otras dando lugar a subproductos inútiles.

Por otra parte, los centenares de reacciones químicas que tienen lugar en las células no son independientes unas de otras, sino que están articuladas en un entramado formado por largas secuencias de reacciones consecutivas ligadas entre sí por intermediarios comunes (el producto de una reacción es el reactivo de la siguiente); estas secuencias de reacciones ligadas por intermediarios comunes, llamadas **rutas metabólicas**, proporcionan a las células los medios para transferir la energía desde aquellos procesos que la liberan hasta aquellos que la requieren. El conjunto de todas las rutas metabólicas funcionando de una manera armónica se conoce con el nombre de **metabolismo**.

Por último, las células, en la medida en que actúan como máquinas químicas capaces de manipular eficazmente la energía, se ajustan a un principio de **economía molecular**: cada célula posee en un momento dado sólo aquel conjunto de moléculas que le son necesarias para realizar sus funciones y no otras; todo ello con el objeto de no desperdiciar energía en procesos que no le resultan útiles en ese momento. Por ello, las células deben ser capaces de regular de alguna manera su propia actividad química, es decir, de autorregularse. Esta **autorregulación** se lleva a cabo a diferentes niveles, entre los que destacan la regulación de la actividad enzimática por los propios productos del metabolismo y la regulación de la expresión de la información contenida en los genes.

El planteamiento inicial que acabamos de desarrollar nos conduce a abordar en primer lugar el estudio de los **enzimas**, como responsables del buen funcionamiento y regulación de la maquinaria de transformación energética de las células (cosa que haremos en el próximo capítulo), y a continuación el estudio de la maquinaria en sí misma, es decir, del **metabolismo**.