

MEDIO INTERNO Y HOMEOSTASIS

1. HOMEOSTASIS: CONCEPTO

Un ser unicelular vive en un medio líquido del que extrae los componentes necesarios para su supervivencia, y al que vierte sus desechos metabólicos. Se establece así una estrecha independencia entre la vida del organismo unicelular y las características de su medio ambiente. Si la temperatura del medio ambiente cambia, o la composición iónica se modifica, la actividad del organismo también cambia. El proceso de la evolución hacia organismos superiores formados por millones de células ha supuesto, entre otras cosas, la progresiva independización del medio ambiente, que se ha conseguido por la vía de la creación de un medio interno. En los organismos pluricelulares, el líquido que rodea las células o líquido extracelular constituye su medio interno.

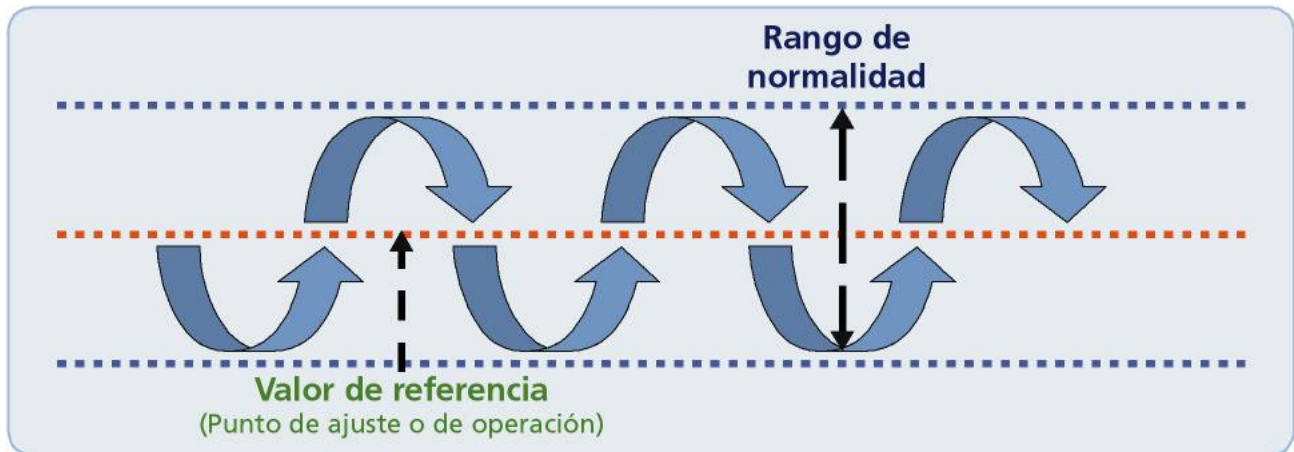
La estabilidad del medio interno es fundamental para el correcto funcionamiento de las células. Fue Claude Bernard (1813-1878) un gran fisiólogo francés, quien en 1857 declaró el *principio de la constancia del medio interno*, un principio básico de la fisiología. Este concepto de constancia del medio interno fue modificado en 1932 por el fisiólogo americano Walter B. Cannon. Este autor matizó la idea de Bernard al considerar que, más que *constantes*, las características del medio interno son *estables* variando dentro de un estrecho margen. Acuñó el término *homeostasis* u *homeostasia* (palabra resultante de la combinación de dos términos griegos "*homoiios*" que significa constancia y "*stasis*" que significa posición, estabilidad) para definir la estabilidad del medio interno, dentro de un rango de variación, como resultado de la existencia de mecanismos compensadores encargados de su regulación. El Diccionario de la Real Academia Española lo define como el conjunto de fenómenos de autorregulación, que conducen al mantenimiento de la constancia en la composición y propiedades del medio interno de un organismo.

Para Cannon homeostasia no significaba algo fijo e inmóvil, que se mantiene exactamente igual siempre, sino más bien "*un estado que puede variar, pero que es relativamente constante*". Es el mantenimiento de unas condiciones internas relativamente ajustadas a pesar de los cambios que se generen en el exterior. Los cambios medioambientales actúan sobre el medio interno modificándolo, para neutralizar este cambio la actividad de células, tejidos y órganos debe realizarse de forma regulada e integrada. En la composición del medio interno ocurren cambios de manera continua, pero los límites de cambio permisibles son muy estrechos.

Esta capacidad del organismo para autorregularse o volver a la normalidad es un concepto central en la fisiología y también en la patología. Cada parte del organismo, desde una célula hasta un sistema completo desempeñan un importante papel en la homeostasia general.

2. SISTEMAS HOMEOSTÁTICOS

Cannon definía un sistema de control homeostático como un grupo de células interconectadas, cuya función es mantener constantes las propiedades del medio interno; es decir, que las células del cuerpo se encuentren en un medio que cubra sus necesidades y les permita desarrollar sus funciones normalmente con condiciones externas variables.



Existen una gran cantidad de parámetros o propiedades corporales que podrían servir de ejemplos de control homeostático. Se comentan brevemente dos de ellos, el primero corresponde a una variable química: el control de la concentración de glucosa en sangre o glucemia y un segundo ejemplo que corresponde a una variable física: la temperatura corporal.

La glucemia oscila entre 80 y 120 mg%. El valor medio es de 100 mg/100 ml. Si por alguna causa la glucemia aumenta o disminuye sobrepasando el rango de oscilación fisiológica, se genera una señal que arranca los sistemas homeostáticos para restaurar la variable a sus valores normales. Si la causa que provoca la modificación persiste, la restauración del valor de la variable no es del 100%, conservándose una diferencia con el valor control que recibe el nombre de *señal de error* y sirve para mantener activo el sistema homeostático.

Otro ejemplo clásico de sistema homeostático lo constituye el sistema termorregulador, éste mantiene la temperatura corporal en 37°C independientemente de los cambios externos. Este valor se define como *punto de ajuste o de operación del sistema* o valor sobre el que trabaja el sistema. Si la temperatura ambiente es de 20°C, el cuerpo pierde calor, el sistema termorregulador da lugar a un balance compensatorio mediante la producción de calor, manteniendo así un "estado estacionario o de equilibrio". Este tipo de homeostasis se denomina **homeostasis reactiva**, ya que el sistema "*reacciona*" ante un cambio para volver a llevar la variable a sus valores normales. Existen otros tipos de homeostasis que son:

- a) **Respuestas anticipadas:** (*feedforward regulation*) Se denomina así a un tipo de regulación homeostática en la que nada más detectarse un estímulo, que previsiblemente va a dar lugar a la alteración de una variable, comienza a ponerse en marcha la respuesta adaptativa, antes aún de que se produzca el cambio en la variable. Ejemplo: Cuando la temperatura exterior disminuye, las terminaciones sensitivas de la piel detectan el cam-

bio e informan inmediatamente al cerebro, éste envía señales a los vasos sanguíneos para que se produzca la correspondiente vasoconstricción, y a los músculos, para que se contraigan (tiritona), aumentando así la producción de calor. Todo esto sucede antes de que la temperatura interna del organismo haya tenido oportunidad de disminuir, y ayuda a prevenir que tal disminución ocurra.

- b) Homeostasis predictiva:** Este término fue acuñado por Moore Ede en 1986, para referirse a un mecanismo de respuesta homeostática que se produce antes incluso de la actuación del estímulo alterador. Está basada en la existencia de un sistema circadiano que hace que todas las funciones del organismo oscilen en ritmos de aproximadamente 24 horas, sincronizadas por señales procedentes del medio ambiente, básicamente por la luz. Los ritmos biológicos permiten que las respuestas homeostáticas se produzcan con anticipación al cambio de la variable. Ejemplo: Hay un ritmo endógeno de excreción urinaria de K^+ , siendo ésta mayor durante el día que durante la noche. Este ritmo tiene sentido porque la ingesta de K^+ (presente en los alimentos) es mayor durante el día. Gracias a la existencia de este ritmo, la concentración de K^+ fluctúa menos que si el ritmo no existiese. Otros ejemplos los constituyen el ritmo de cortisol, el de la temperatura corporal, el sueño-vigilia, etc.

2.1 Características generales de los sistemas homeostáticos

Las principales características que definen el funcionamiento de un sistema homeostático son:

- a)** Los sistemas homeostáticos **funcionan generalmente como sistemas de retroalimentación** ("*feed back*") negativos; un cambio en la variable da lugar a respuestas que empujan la variable en la dirección opuesta. En el sistema termorregulador una disminución de la temperatura externa, causa una pérdida de calor del organismo y una disminución de la temperatura corporal; la respuesta del sistema termorregulador es múltiple, por un lado provoca un encogimiento corporal y una vasoconstricción que frenan la pérdida de calor, y, por otro, arranca la realización de movimientos que aumentan la producción de calor, permitiendo de esta forma una elevación de la temperatura corporal. Existen algunos sistemas homeostáticos de retroalimentación positiva, en el que en vez de oponerse al cambio de la variable, el sistema tiende a reforzarle, desviando la variable cada vez más de los límites de la normalidad. En el cuerpo, en condiciones normales, hay muy pocos ejemplos de retroalimentación positiva. Así el nacimiento de un niño o la formación de un coágulo de sangre, como se verá en los capítulos correspondientes, son ejemplos de retroalimentación positiva en los que se requiere una finalización rápida. En términos generales sin embargo, la mayor parte de los sistemas homeostáticos actúan según el principio de retroalimentación negativa.

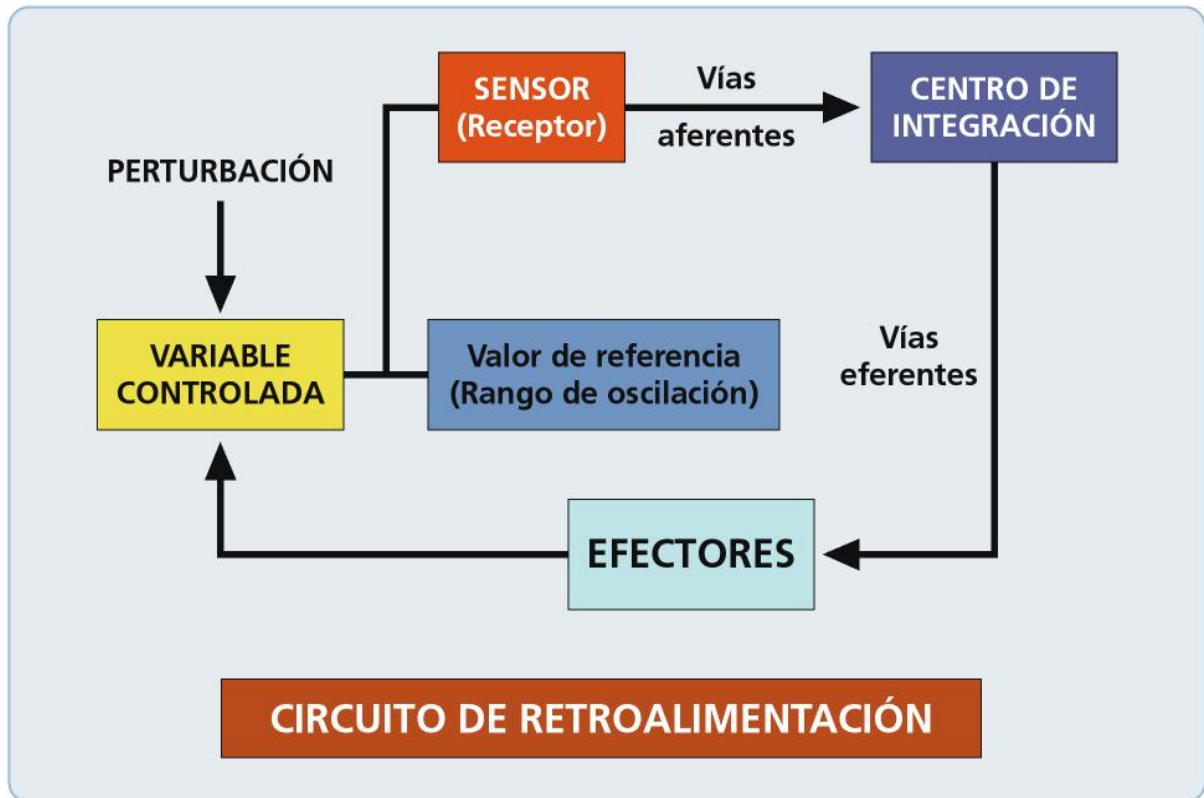
- b)** Los sistemas homeostáticos **no mantienen fija la variable**, la dejan oscilar en un rango de valores que son normales y que dependen de las condiciones del medio externo. Si la temperatura en el ejemplo anterior volviese a 37°C, la respuesta homeostática se detendría, y la temperatura corporal volvería a descender, entrando en un amplio proceso de oscilación. En realidad, el nuevo valor que se alcanza a través de la respuesta homeostática es ligeramente inferior al **punto de operación** (dentro del rango de la normalidad) manteniendo el sistema operativo y con una respuesta sostenida. La diferencia entre la nueva temperatura de trabajo y el punto de operación, denominada **señal de error**, depende de la magnitud del cambio; en el sistema termorregulador es suficiente una señal de error de 1°C.
- c)** Existe una **jerarquía de variables a controlar**, que determinan una jerarquía de sistemas homeostáticos. Esto es debido a que no todas las variables presentan el mismo grado de importancia para la supervivencia del organismo; y, por lo tanto, si los recursos han de distribuirse, se pondrán en marcha primero aquellos sistemas homeostáticos que controlen variables de mayor relevancia.
- d)** Los sistemas homeostáticos **no son inmutables**, tienen una cierta capacidad de cambio. En algunos casos si el estímulo externo se mantiene en el tiempo los sistemas homeostáticos pueden cambiar ligeramente su punto de operación. Este cambio se conoce con el nombre de **aclimatación** y se define como la capacidad de adaptarse a unas nuevas condiciones medioambientales, por exposición prolongada a las mismas. Por ejemplo, en caso de pasar a vivir en un medio de mayor temperatura ambiental se produce una disminución en la sudoración al cabo del tiempo.

2.2 Componentes de los sistemas de control homeostático

En un sistema de control intervienen los siguientes componentes:

- a) Sensores o receptores**, capaces de detectar cambios en la variable a controlar. A estos cambios se les denomina estímulos. La estructura y funcionamiento de los receptores es muy distinta dependiendo de la variable a detectar. La clasificación de los receptores del organismo puede hacerse según criterios muy diversos, así puede ser según su ubicación, la naturaleza del estímulo que detecten, etc.
- b) Vías aferentes**, a través de las cuales, la información generada en los receptores llega hasta los centros de procesamiento. Estos canales informativos pueden ser de naturaleza eléctrica u hormonal.
- c) Centros de procesamiento**, son los que tras recibir la señal procedente del receptor elaboran la respuesta homeostática adecuada para corregir la desviación producida en su valor. Los centros de integración o procesamiento pueden localizarse en el sistema nervioso central, en el sistema nervioso autónomo, o en las glándulas endocrinas.
- d) Vías eferentes**, a través de las cuales, la respuesta elaborada por los centros de procesamiento llega a los órganos efectores.

- e) **Efectores**, son las células, tejidos u órganos de los que depende la ejecución de la respuesta al estímulo. Aunque todas las células del organismo pueden actuar como efectores, los principales responsables de ejecutar las respuestas son el tejido muscular y los epitelios glandulares.



En algunos casos el sistema de control homeostático no se ajusta al patrón descrito previamente, como ocurre con las respuestas homeostáticas locales. Esta variedad de respuestas se caracteriza por el hecho de que tanto la detección del estímulo, como su procesamiento, y la ejecución de la respuesta se produce en el mismo grupo celular.