

CAPITULO 3

HOMEOSTASIS, ALOSTASIS Y ADAPTACION

Jose Luis Gonzalez de Rivera Revuelta

1. HOMEOSTASIS

Walter Cannon elaboró el concepto de *homeostasis* a partir de las investigaciones llevadas a cabo por Claude Bernard, creador de la Medicina Experimental. Este fisiólogo francés del siglo XIX resumió sus estudios sobre los organismos superiores en su famoso aforismo: «La constancia del medio interno es la condición indispensable para la vida libre». Bernard llamaba *milieu intérieur physiologique* (medio interno fisiológico) al conjunto de sustancias y procesos químicos que constituyen un organismo, cuyas relaciones entre si se mantienen constantes, a pesar de las variaciones que pueda haber en su entorno. Cannon denominó homeostasis al conjunto coordinado de procesos fisiológicos encargados de mantener la constancia del medio interno, regulando las influencias del ambiente y las correspondientes respuestas del organismo. A la luz de esta formulación, podemos comprender el estrés como el conjunto de factores del medio externo cuya influencia exige un esfuerzo inhabitual de los mecanismos homeostáticos. Como quiera que la capacidad de homeostasis tiene un límite, surge de la obra de Cannon el concepto de «estrés crítico», que podemos definir como el nivel máximo de estrés que un organismo puede neutralizar, y a partir del cual empiezan a fallar los mecanismos homeostáticos, con la consiguiente alteración del equilibrio interno y el desarrollo de estados patológicos.

El concepto de homeostasis, tal como Cannon lo formuló en su obra capital, *The Wisdom of the Body* (La Sabiduría del Cuerpo), implica un equilibrio dinámico, sostenido de manera interactiva por la dialéctica constante entre la cinética interna y las variaciones del medio exterior. La regulación homeostática se establece a distintos niveles, desde el molecular-subcelular hasta el suprapersonal o social, pasando por la consideración global del individuo como un todo

El estudio de aspectos aislados de esta organización sistemática ha de darnos, por fuerza, una visión parcial. El funcionamiento humano está influido siempre por una actividad jerárquicamente organizada de suprasistemas y subsistemas relacionados. Por eso, el estudio aislado de la Biología molecular, de la Psicología o de la Sociología no pueden llegar a dar una explicación final de los fenómenos que observan. La trans-

misión de información de unos niveles a otros, su interinfluencia en la programación y funcionamiento del organismo, y las relaciones entre los distintos niveles constituyen el objeto de estudio de la Teoría General de Sistemas de Ludwig von Bertalanffy, que ha influido poderosamente en la formulación del modelo biopsicosocial de George L. Engel.



Figura 1. Niveles de organización de la experiencia humana

La persona constituye el núcleo central de la experiencia humana (Figura 1) que se extiende desde el subsistema de partículas subatómicas hasta los suprasistemas más amplios. Todos estos niveles influyen en el fenómeno humano, y son influidos por él.

La comprensión de la homeostasis en términos humanos requiere considerar al individuo como una unidad o psicósoma, en la que los procesos psicológicos y fisiológicos están indisolublemente unidos. Bien es cierto que las leyes que gobiernan el desarrollo de ambos tipos de proceso son diferentes, y que los métodos aplicados para observarlos son distintos, pero eso no cambia la esencial unidad de la naturaleza humana. La dicotomía no es inherente al ser humano, sino que es introducida por el estudioso quien, en la elaboración de sus métodos y teorías, encuentra más fácil aplicar el enfoque biológico para explicarse cierto tipo de fenómenos, en tanto que los enfoques psicológico o social lo son para comprender otros.

El individuo se encuentra inmerso en un medio externo con influencias, más o menos sistematizadas, de tipo físico, interpersonal y social, de las que depende para su desarrollo. El medio ambiente es fuente de estimulación y nutrición, imprescindibles para la subsistencia, mientras que el medio interno del organismo contiene las instrucciones y los impulsos que rigen su aprovechamiento. Por otra parte, tanto el medio ambiente como los cambios producidos por el desarrollo del individuo y por sus propios ritmos intrínsecos ejercen influencias desestabilizadoras que tienden a alterar el equilibrio del medio interno. Aparecen, así, los mecanismos reguladores de

la homeostasis, encargados de mantener la constancia de las interacciones básicas del medio interno. La programación genética está encaminada a asegurar el funcionamiento idóneo, que se considera sano cuando es capaz de satisfacer las necesidades del individuo, responder a las exigencias del medio ambiente y a las de su propio medio interno y proseguir su desarrollo mental, biológico y cultural.

Inherentes al psicósoma son los impulsos necesarios para su conservación, desarrollo y reproducción, así como los mecanismos reguladores encargados de mantener la constancia del medio interno. Los mecanismos intermedios son el conjunto de interacciones neurológicas, fisicoquímicas e inmunológicas mediadoras entre los altos niveles de integración cerebral y la función de los diversos órganos, aparatos y sistemas (González de Rivera, 1980, 2003). A través de dichos mecanismos, el estrés ambiental y los estímulos simbólicos hallan su expresión fisiológica, pudiendo, en ocasiones, desencadenar procesos patológicos.



Figura 2. El organismo psicosocial

La existencia individual es una abstracción que solo puede tener realidad en unidad con su entorno. El ser humano y su ambiente forman una nueva identidad: el organismo psicosocial. La unidad operativa básica humana no es el individuo, sino el individuo integrado en su entorno.

Cuando decimos que, frente a la acción potencialmente desestabilizadora del medio y de su propio desarrollo, el organismo cuenta con mecanismos reguladores encargados de mantener la homeostasis de su medio interno, no debe entenderse que la vida humana se rige por un principio de constancia estática. Muy por el contrario, el mantenimiento de la homeostasis requiere un continuo cambio, en persecución de las condiciones internas más favorables para el mantenimiento de la vida autónoma y

para el desarrollo del programa genético específico de cada individuo. Más que como un principio de constancias cualitativas y cuantitativas de elementos específicos, debemos entender la homeostasis como un principio de constancia interactiva de las relaciones entre esos elementos; de tal manera que variaciones puntuales en uno de ellos se corresponden con variaciones en todos los demás. Así, los valores de las (mal llamadas) «constantes fisiológicas» tienden a una continua variación, en más y en menos, en torno a un valor central idóneo.

Propongo llamar a este fenómeno de oscilación o variación continuada, el «temblor de la constante», aceptando el hecho de que es un fenómeno normal e inevitable, expresión dinámica de la tensión homeostática y de la interacción de múltiples bucles de alimentación y retroalimentación que relacionan unas constantes con otras. La magnitud, frecuencia y variabilidad del temblor de una determinada constante son características peculiares de cada individuo, así como de cada estado dentro de ese mismo individuo. Por eso, es insuficiente la determinación del valor de una constante en un momento determinado, siendo necesario, además, establecer su capacidad de variar, o de resistir la variación, en condiciones de estimulación funcional. Este es un principio básico de la exploración endocrino-metabólica, donde el recurso a exploraciones funcionales ofrece información mucho más valiosa que las meras mediciones basales. El organismo tiene una cierta tolerancia a las variaciones de las constantes, pero cuando esta variación es muy marcada, o cuando la duración de pequeñas variaciones supera determinado dintel crítico, pierde su capacidad de regulación, desorganizándose hacia estados de enfermedad, lesión o muerte. En las fases iniciales de desequilibrio homeostático se produce un retroceso a niveles de organización más sencillos, en los que es posible recuperar una constancia de interacciones que reconstituye el equilibrio homeostático, aunque sea a costa del sacrificio de cierta capacidad funcional. El estado de «enfermedad», sobre todo si es crónico, representa la expresión de un equilibrio homeostático en el que los niveles de adaptación son menos estables o menos eficientes que los del estado de «salud».

El desajuste homeostático es bien patente en casos de estrés fisiológico masivo que brutalmente altera el valor de constantes con poca tolerancia a su variación, es decir, cuando el «temblor de la constante» debe mantenerse dentro de márgenes muy estrechos (como, por ejemplo, la presión de oxígeno, el riego cerebral o el pH), pero es menos evidente en el estrés psicosocial, que suele inducir variaciones más moderadas, aunque generalmente más persistentes. Las observaciones epidemiológicas que relacionan el estrés psicosocial crónico con una mayor tendencia a la aparición de enfermedades, ponen en evidencia la potencialidad patógena a largo plazo de pequeñas desviaciones en el equilibrio homeostático idóneo. El vínculo entre variaciones de constantes, tolerancia del organismo y estado de salud nos ha permitido definir una ley general de la homeostasis (González de Rivera, 1980), que se expresa de manera esquemática en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{(N + \Delta N) T}{Rg + Ra}$$

H < 1 Salud

H > 1 Enfermedad

Donde H representa el estado de equilibrio homeostático; N el valor idóneo de una constante fisiológica determinada; ΔN (incremento N o temblor de la constante la desviación media experimentada en el valor idóneo de esta constante); T el tiempo durante el cual se mantiene dicha variación; Rg, la resistencia o tolerancia genética innata del organismo a variaciones de su medio interno para la constante considerada; y Ra, la resistencia o tolerancia adquirida por el organismo a lo largo de su desarrollo. La tolerancia genética (Rg) a variaciones del medio interno es constante en el individuo, y relativamente uniforme entre individuos de similares características; la tolerancia adquirida (Ra) varía enormemente entre individuos, e incluso en el mismo individuo de un momento a otro. Mientras el equilibrio homeostático sea menor que 1, se mantiene el estado de salud. En caso contrario, sobreviene el desequilibrio homeostático que denominamos enfermedad.

Un corolario de esta fórmula, de importantes implicaciones preventivas, es que pequeñas desviaciones de N, que parecen no alterar grandemente el equilibrio pueden provocar enfermedad (entendida como un estado de organización homeostática menos efectivo y eficaz que el basal) si se mantienen durante largo tiempo. Por otra parte, variaciones que se mantienen durante un corto lapso de tiempo solo tienen efectos patógenos si son de intensidad suficiente para superar la tolerancia del organismo a esas variaciones.

Estas consideraciones nos permiten formular una Ley general de la homeostasis:

«La probabilidad de que una variación en el valor idóneo de una constante fisiológica redunde en disfunción, enfermedad o lesión, es directamente proporcional a la magnitud de la variación y al tiempo durante el cual se mantiene; e inversamente proporcional a la tolerancia del organismo a variaciones de esa constante, durante el periodo de tiempo considerado». (González de Rivera, 1980)

2. ALOSTASIS

El concepto de alostasis, inicialmente formulado por Sterling (1988), y desarrollado en gran manera por Mc Ewen (2002), establece la diferencia entre constantes cuya tolerancia a la variación es mínima (pH, electrolitos en sangre, temperatura corporal, presión de oxígeno...) y aquéllas que pueden variar ampliamente y durante largo tiempo, como la presión arterial, la secreción endocrina, los niveles sanguíneos de lípidos e incluso de glucosa, etc. La hiperfunción del eje hipotálamo-hipófiso-adrenal, por ejemplo, puede ser mantenida durante largo tiempo para adaptarse a condiciones

ambientales que así lo precisen, sin que se produzcan efectos demasiado llamativos en la salud del organismo. De esta manera se consigue el equilibrio entre el psicosoma y el ambiente, Pero a costa de modificaciones persistentes en las relaciones homeostáticas internas. Es la constancia gracias al cambio. A este nivel forzado de homeostasis es a lo que McEwen denomina carga alostática y corresponde, en mi modelo, a una gran variación, mantenida durante mucho tiempo, de una constante para la que la tolerancia a variaciones es muy alta. Es decir, en términos de la fórmula de la Ley General de la Homeostasis, AN es muy grande, T es muy grande y Rg es muy grande. La relación entre numerador y denominador se mantiene equilibrada ($H < 1$). Como predice la Ley General de la Homeostasis, en estas condiciones no se produce la enfermedad. Al menos de momento. El deterioro progresivo del organismo por sobreesfuerzo va reduciendo su tolerancia, es decir, Ra, Resistencia (o tolerancia) adquirida, va haciéndose negativa y el denominador disminuye. Por otra parte, el progresivo crecimiento del valor de T por la prolongación temporal de la carga alostática sigue aumentando el numerador, hasta que llega una situación en la que la relación entre numerador y denominador se invierte, hasta acabar siendo mayor que la unidad ($H > 1$), y sobreviene entonces el estado de enfermedad.

3. CONCLUSION: LA ADAPTACION

El concepto de adaptación entra en la Biología de la mano de Charles Darwin y de Jean Baptiste Lamarck, quienes, cada uno a su manera, lo consideraron un factor clave para comprender el proceso de la evolución humana. *The survival of the fittest* es un eslogan darwiniano que se refiere, precisamente, a la mayor capacidad de persistencia terrenal de las especies que mejor se adaptan o «encajan» en su entorno.

Lamarck, un hombre genial que cosechó grandes adversidades por su teoría de la herencia de los caracteres adquiridos, está siendo relativamente reivindicado por los recientes descubrimientos de la epigenética de la conducta y de la memética cultural. Las condiciones ambientales activan ciertos rasgos genotípicos, cuya expresión fenotípica modifica el entorno de tal manera que estas condiciones se hacen cada vez más prevalentes, constituyendo así un mecanismo paragenético de transmisión de caracteres adquiridos (Varmuza, 2003). Por otra parte, los «memes», definidos por Dawkins como «unidades de transmisión cultural», desempeñan un papel específico en la evolución de los humanos, única especie capaz de crear un entorno virtual en el que se acumulan las actitudes y los conocimientos que mejor garantizan su supervivencia.

En el ámbito intermedio de la Psicología, Sandor Ferenczi destacó la importancia de la adaptación a las exigencias del entorno humano en el desarrollo de la personalidad. Describió dos prototipos de adaptación: la «autoplástica», en la que las dinámicas psíquicas internas se modifican para constituir un entramado capaz de tolerar y responder a las exigencias del exterior, y la «aloplástica», en la que son las dinámicas externas las que se transforman para constituir un entorno más propicio para el desarro-

llo del individuo. Junto a estas, podemos considerar un tercer tipo de adaptación, que denominare «heteroplástica», expresada en la migración humana a través de las culturas, en busca de un entorno psicosocial más adecuado a las dinámicas personales.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernard, C., *Leçons sur les Phénomènes de la Vie, communs aux animaux et aux végétaux*, Librairie Bailhere, Paris, 1878.
- Cannon, W. B., *The Wisdom of the body*. Revised and Enlarged Edition, WW Norton, New York, 1939.
- Darwin, C., *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, London, 1859.
- Dawkins, R., *The extended phenotype*, Oxford University Press, 1999.
- Engel, G. L., The Clinical Application of the Biopsychosocial Model, *American Journal of Psychiatry*, 1980, 137, pp. 535-544.
- Ferenczi, S., *Problemas y Métodos del Psicoanálisis*, Paidós, Buenos Aires, 1966.
- Gonzalez de Rivera, J. L., Metabolismo y funciones generales de las catecolaminas, *Anales Real Academia Nacional de Medicina*, 95, pp. 677-681 (1978).
- Gonzalez de Rivera Revuelta, J. L., *Medicina Psicosomática*, 3.ª edición, ADES (Aula de Estudios Sanitarios), Madrid, 2003 (1.ª edición 1980).
- Gonzalez de Rivera, J. L., *Crisis Emocionales*, Espasa, Madrid, 2006.
- Lamarck, J. B. (1809), *Philosophie Zoologique*. Traducción española. *Filosofía zoológica*, Editorial Alta Fulla-Mundo Científico, Barcelona, 1986.
- McEwen, B., Protective and damaging effects of stress mediators, *New England Journal of Medicine*, 1998, 338, pp. 171-179.
- Rivera, J. L. Gonzalez de: ver Gonzalez de Rivera, J. L.
- Sterling, P. y Eyer, J., *Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology*. In: S. Fisher and J. Reason (Eds.), *Handbook of Life Stress, Cognition and Health*, John Wiley, New York, 1988, pp. 629-649.