

## RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

William Ross Ashby, *Proyecto para un cerebro: El origen del comportamiento adaptativo*, trad. de Víctor Sánchez de Zavala, Editorial Tecnos, Madrid, 1965.

El eminente psiquiatra inglés William Ross Ashby advirtió la importancia que tienen los procesos de retroalimentación negativa, hacia 1940, es decir, unos tres años antes de que el propio Norbert Wiener iniciara las investigaciones que lo llevaron a establecer, en 1948, la nueva ciencia de la cibernética. A partir de entonces, Ashby se dedicó intensamente al estudio de la homeóstasis. Como es sabido, la noción de homeóstasis fue formulada por Claude Bernard y desarrollada ampliamente en nuestro siglo por Walter B. Cannon, quien precisó su concepto considerándola como la capacidad que tienen los organismos vivos para mantener un cierto estado de equilibrio interno de manera relativamente constante. Ashby logró establecer primero una interpretación matemática de la teoría dinámica aplicable al comportamiento adaptativo de los organismos vivos y luego proyectó, calculó y construyó el homeóstato, que es un modelo electrónico de dicho comportamiento. El homeóstato fue descrito por primera vez, a fines de 1948, en el artículo de Ashby "Design for a Brain", *Electronic Engineering*, 20, 1948, páginas 379-383. Poco después, en enero de 1951, fue sometido a discusión en el Coloquio Internacional sobre las Máquinas de Calcular y el Pensamiento Humano, efectuado en París. La fundamentación teórica completa del homeóstato y la interpretación de sus consecuencias, se encuentran en el libro *Design for a Brain*, Nueva York y Lon-

dres, Wiley y Chapman & Hall, 1952; cuya segunda edición (1960), en una versión ampliada y en gran parte nueva, es la que ahora ha sido traducida al español.

Como lo indica el subtítulo, el libro se propone ofrecer una solución al problema específico de explicar la capacidad que tiene el sistema nervioso, y más acusadamente el cerebro, de comportarse adaptativamente. Con tal propósito, Ashby empieza reconociendo ese comportamiento como un hecho y parte de la hipótesis de que la adaptación consiste esencialmente en la acción de ciertos mecanismos, pero de un tipo diferente a los empleados en todas las máquinas construidas antes del desarrollo del homeóstato. Por consiguiente, Ashby trata de inferir las propiedades que debe tener el sistema nervioso para poder comportarse de manera automática y, a la vez, adaptativa. Para establecer tales inferencias utiliza la cibernética, considerándola como la lógica de los servomecanismos, la comunicación y la regulación. Así, a lo largo del libro entero utiliza los conceptos y métodos cibernéticos, pero modificándolos convenientemente para poder extenderlos de los mecanismos que cambian por saltos discretos a los que varían de manera continua; ya que estos últimos son los que presentan mayor analogía con los procesos fisiológicos que intenta explicar, justamente, mediante el modelo físico de cerebro. En este sentido, Ashby apunta la consideración de que, cuando la cibernética llegue a ser desarrollada de un modo tan riguroso como la geometría, habrá de desempeñar, en nuestra comprensión de los complejos procesos biológicos, el mismo papel fundamental que la misma geometría ha tenido con respecto a los procesos astronómicos.

El homeóstato es una computadora analógica, cuyo prototipo es el termóstato que, como se sabe, es un dispositivo físico que mantiene la temperatura a un nivel relativamente constante o estable. Sin embargo, el homeóstato no sirve para hacer cálculos o resolver ecuaciones, sino para simular el comportamiento del cerebro, considerándolo exclusivamente como un órgano especializado para procurar la supervivencia del organismo. Por lo tanto, los problemas planteados son únicamente los que se refieren a la conservación de la vida en el organismo o, más concretamente, a las acciones tendientes a conservar constantes aquellas variables fisiológicas cuya estabilidad relativa es indispensable para que se mantenga vivo el organismo, a pesar de las numerosas y variadas perturbaciones producidas continuamente por las complejas acciones del medio ambiente. El papel fundamental del cerebro, en este sentido, es el de corregir y reducir al mínimo las desviaciones de esas variables fisiológicas esenciales. Los mecanismos que producen esa estabilización con respecto a las fluctuaciones producidas en el interior del organismo, constituyen los procesos de homeostasis, investigados por Cannon y sus discípulos. Ashby, por su parte, emplea el homeóstato como instrumento para el estudio de los mecanismos que gobiernan el comportamiento estabilizador que permite al cerebro gobernar la adaptación del organismo a las variaciones del medio exterior en que vive.

En forma esquemática, el homeóstato está constituido por cuatro unidades, cada una de ellas provista de una aguja imantada que puede girar como la aguja de una brújula, que se encuentra sometida a la acción de un campo de fuerza magnético, producido por el paso de corriente eléctrica a través de sendas bobinas. Las cuatro unidades se encuentran interconectadas, de tal manera que la desviación de cada aguja con respecto a su punto de equilibrio, modifica la corriente eléctrica en las otras unida-

des, y viceversa; por lo cual se producen también, como consecuencia, cambios en la posición de las otras agujas imantadas. Las interconexiones aseguran que las agujas se encuentren normalmente en un equilibrio constante. Entonces, cuando se produce una perturbación cualquiera en ese estado de equilibrio, las agujas imantadas tienden a recuperarlo mediante una serie de acciones de retroalimentación negativa, que acaban por corregir sus desviaciones. Así, el comportamiento del homeóstato tiende siempre a la estabilización, adaptándose a las perturbaciones causadas desde el exterior. Cuando se altera el equilibrio en distintas formas, el homeóstato acaba por recobrarlo, siguiendo caminos diferentes, según sean las características de la alteración producida. Lo que es más, hasta cuando el homeóstato se encuentra trastocado o dañado parcialmente, sigue encontrando la manera de volver al equilibrio; ya que, al igual que el cerebro, el homeóstato es capaz de sustituir las funciones de las partes mal conectadas o dañadas, mediante la acción de las partes que han quedado inmunes.

La estabilidad del homeóstato es una propiedad del sistema en conjunto, que no se puede atribuir a ninguna de sus partes por separado, aunque implica cierta coordinación entre las acciones mutuas de esas partes. Y el comportamiento adaptativo de un animal se puede equiparar al comportamiento de un sistema estable como el homeóstato, cuya región de estabilidad es aquella en la que las variables se mantienen dentro de sus límites normales. Ahora bien, cuando se alteran las condiciones exteriores de estabilidad, el animal adopta una forma determinada de comportamiento y, si tiene éxito con ella, la conserva; pero, en cambio, si fracasa tiene que ensayar otras formas de comportamiento, hasta encontrar la que sea adecuada para restablecer el equilibrio. Esto significa que el sistema adaptativo es ultraestable, o sea, que en él actúa

también una retroalimentación negativa de segundo orden, que le permite pasar de la situación de no estar adaptado a la de estarlo en todos los casos, incluso cuando el animal se enfrenta a condiciones exteriores enteramente nuevas. La ultraestabilidad es, así, el medio que asegura automáticamente el cambio continuo en la organización del sistema, para que éste se adapte al comportamiento adecuado, después de que lo ha aprendido. El sistema ultraestable actúa en forma selectiva respecto a las variables esenciales, rechazando o corrigiendo las variaciones azarosas que lo impulsan a estados críticos inestables, manteniéndose así alejados de ellos. La ultraestabilidad es la forma superior de la homeóstasis, en la que queda incluido el aprendizaje, como capacidad para recordar y evitar los estados críticos que trastornan el equilibrio. Pues bien, el homeóstato de Ashby es también un sistema ultraestable que, en caso necesario, cambia de continuo su organización, descomponiéndose y recomponiéndose, hasta que el sistema acaba por alcanzar de nuevo un estado de equilibrio. Y, mientras más acusada es la desviación del sistema con respecto al equilibrio, más intensa es la acción del sistema para volver al equilibrio. En todo caso, la diferencia entre el homeóstato y un organismo vivo, es la de que éste es un sistema *multiestable*, es decir, un conjunto complejo formado por un gran número de sistemas ultraestables que se encuentran vinculados mutua y activamente por sus variables principales. Por consiguiente, no parece haber ningún *obstáculo insuperable para que, en el futuro inmediato, se llegue a construir un sistema físico multiestable formado por la interconexión de muchos homeóstatos de diferentes tipos.*

La mejor manera de apreciar la diferencia entre un simple sistema estable y un sistema ultraestable es con un ejemplo, como el que presenta el propio Ashby, consistente en comparar la acción de un piloto automático para la

aeronavegación con la acción del homeóstato. Como es sabido, el piloto automático es un dispositivo que, entre otros efectos, produce el de mantener el avión en posición horizontal y en línea recta. Por consiguiente, el piloto automático se conecta a los alerones de tal modo que, cuando el avión se desvía hacia la derecha, se produce una retroalimentación negativa sobre aquellos, de modo que tiende a desviar el avión hacia la izquierda. Cuando se encuentra instalado correctamente, el conjunto del sistema es estable y autocorrector. Así, el avión provisto de piloto automático puede volar en una atmósfera turbulenta, ya que, si bien se podrá desviar con frecuencia, el piloto tenderá siempre a nivelarlo. Ahora bien, si en vez del piloto automático se conectase el homeóstato (convenientemente adaptado) en esa forma, tendería también, en principio, a corregir las desviaciones del avión de la misma manera. Hasta aquí, no se advertiría ninguna diferencia entre ellos. Pero, si se conectaran los alerones al revés, entonces el piloto automático, tras de sufrir una perturbación de poca importancia, tendería a aumentar la desviación del avión y persistiría en esta actuación equivocada hasta provocar su caída. En cambio, en esas mismas condiciones, el homeóstato también tendería a acrecentar la desviación, pero sólo hasta el momento en que dicho aumento alcanzara un grado peligroso, provocándose entonces un reajuste en el propio estado interno del homeóstato, que le permitiría buscar, hasta encontrarlo, un grupo de valores apropiado para que su efecto tendiera a estabilizar el avión, en lugar de volcarlo. Así, en las nuevas condiciones reajustadas, el homeóstato haría que el avión volviera al vuelo horizontal y rectilíneo. Por lo tanto, debido a que el homeóstato se corrige a sí mismo de toda perturbación, su acción resulta ser indiferente a la precisión con que se haya conectado a los alerones del avión y, por ende, tiene una estabilidad de un orden más ele-

vado que la del piloto automático; lo cual justifica el nombre de "ultraestabilidad" que Ashby le ha dado.

A lo largo de la evolución biológica, el cerebro se ha desarrollado enormemente, pasando por una multitud de cambios que han implicado privaciones, enfermedades y otros accidentes, a través de los cuales se ha fortalecido su función primordial de mantener la supervivencia del organismo. Con respecto a esa función, el modelo de Ashby constituye indudablemente un modelo de cerebro; aunque obviamente, en los animales, el cerebro desempeña otras muchas funciones. En rigor, el homeóstato es un modelo muy simplificado de centro regulador, por lo cual constituye al mismo tiempo un modelo de otros muchos centros nerviosos, que también actúan como reguladores. Más aún, el homeóstato representa una analogía sumamente simplificada y esquematizada de los numerosos mecanismos, diversos e interdependientes, por medio de los cuales cada célula restablece su equilibrio en cada instante. Como es natural, la analogía no implica necesariamente semejanza, ni menos por parte del modelo, sino simplemente una concordancia entre las funciones respectivas del original y el modelo. Podemos recordar, tan sólo, que las branquias de los peces y los pulmones de las aves son órganos análogos en organismos distintos, aunque las branquias y los pulmones difieren grandemente en sus características anatómicas y fisiológicas. Indudablemente, la homeóstasis es una propiedad general de la vida en todos los organismos, incluyendo los unicelulares; y, por ende, no es una propiedad exclusiva del cerebro. Sin embargo, el homeóstato es un modelo de cerebro, en tanto que éste es el encargado de regular el comportamiento del organismo entero en muchos aspectos. De aquí la inmensa importancia que tiene el modelo de cerebro construido por Ashby y fundamentado de manera tan convincente en este libro.

Pasemos ahora a comentar brevemente algunos de los aspectos tratados. La estabilidad no se obtiene por una retroalimentación negativa cualquiera, sino únicamente por aquellas retroalimentaciones negativas que actúan dentro de una organización capaz de proteger al sistema de la destrucción, manteniendo a las variables esenciales dentro de límites determinados, que garanticen la estabilidad del sistema. Desde el punto de vista filosófico, el regulador de un sistema dinámico es una forma de organización de la retroalimentación negativa, específica y propia de ese sistema, que conserva la unidad entre la cantidad y la cualidad, o sea, la medida entre ambas. La retroalimentación misma, que es una forma de la acción recíproca, ofrece una amplia gama de posibilidades técnicas y metodológicas, de las que no dispone la causalidad lineal, que es otra forma más estrecha y unilateral de la acción recíproca. Por medio de la retroalimentación, un sistema dinámico es capaz de superar ciertos tipos determinados de perturbaciones o, lo que es lo mismo, puede adaptarse a la variación de las condiciones de su medio. Los sistemas dinámicos con autorregulación se pueden adaptar a un conjunto mucho más amplio de condiciones ambientales, ya que tienen la posibilidad de llegar a superar muchas de las inestabilidades.

Cuando los valores de las variables llegan a tener una desviación cuantitativa crítica, respecto de los valores normales, se produce un cambio cualitativo en el sistema, esto es, un salto que hace pasar al sistema de una cualidad a otra diferente. En todo sistema con retroalimentación negativa existe una contradicción interna. Uno de los términos de esa contradicción es el encadenamiento causal que actúa sobre el sistema y produce como resultado un efecto; y, el otro término, es la reacción que dicho resultado produce, a su vez, sobre la causa. Tal acción de sentido opuesto implica, por consiguiente, la reducción

de la acción de la causa sobre el sistema. La estabilidad del sistema se encuentra asegurada en tanto que esas dos tendencias opuestas constituyan una unidad relativa; o bien, dicho de otra manera, en tanto que la acción resultante de esas dos tendencias conjugadas es capaz de mantener el efecto, sobre el interior del sistema, dentro de límites determinados. Por otra parte, la modificación del comportamiento de los sistemas, de acuerdo con los cambios que se producen en el medio, atañe directamente al problema filosófico de la espontaneidad que, a su vez, lleva implícita la relación dialéctica entre la necesidad y el azar. En este sentido, cada sistema dinámico—estable, ultraestable o multiestable—constituye una unidad dialéctica de azar y necesidad, hasta el punto de que únicamente puede mantener su estabilidad en el seno de esa unidad de opuestos.

Un sistema multiestable se puede adaptar a determinadas condiciones del medio, sin necesidad de adaptarse en su integridad, o sea, respecto a todas sus variables interdependientes. Lo que sucede es que alguno de los sistemas ultraestables, que constituyen el sistema multiestable, se encarga de establecer la adaptación correspondiente a cada grupo o aspecto particular de las condiciones de ese medio. Si el sistema multiestable tuviera que adaptarse a cada uno de esos aspectos específicos de su medio, haciendo variar en cada ocasión todas las variables que constituyen la enorme complejidad de su comportamiento, entonces el sistema nunca sería capaz de adaptarse; y ni tendría siquiera el tiempo necesario para hacerlo, antes de que una nueva variación en el medio estuviera exigiendo ya una nueva adaptación del sistema. Así, el sistema multiestable se puede adaptar a un medio haciendo entrar en acción, cada vez, solamente alguno o algunos de sus sistemas parciales ultraestables. En todo caso, la independencia temporal y relativa que asumen así los sistemas parciales, es la que permite al sistema multiestable,

en conjunto, el tener la posibilidad de realizar numerosas adaptaciones diferentes, sin que éstas se pierdan o deterioren cuando se hace necesario establecer, tarde o temprano, otras adaptaciones.

En los conceptos de la multiestabilidad y la ultraestabilidad de los sistemas, se encuentra un contenido profundo, cuyo examen filosófico ha de permitir enriquecer considerablemente nuestros conocimientos acerca de la dialéctica del todo y sus partes. Esos mismos conceptos también resultan útiles para explicar los procesos de coordinación y de autonomía relativa, que existen entre las diferentes partes de cada sistema, ya sea vivo o no. En todo caso, la aplicación de la cibernética a la biología, o el estudio de la biología desde el punto de vista de los procesos cibernéticos, resulta ser un campo de investigación filosófica sumamente promisorio. Por otra parte, el análisis filosófico de las categorías de la cibernética también promete la obtención de resultados muy fecundos para la teoría del conocimiento. Y lo mismo ocurre con respecto al examen de las funciones cibernéticas desde el punto de vista de la lógica dialéctica. En fin, que la lectura del libro de Ashby puede inducir a la exploración de nuevos campos del conocimiento filosófico, para descubrir en ellos todos los ricos tesoros que contienen o pueden implicar.

ELI DE GORTARI

✓ *Thought and Action*, por Stuart Hampshire, The Viking Press, 1960.

La norma para juzgar una teoría del valor es su manera de tratar las normas, en particular, la norma de normas que establece. En Platón, esta norma de normas es el Bien, que, empero, nunca fue definido. En G. E. Moore ha sido determinada como una paradoja, que se resolvió en la axiología formal. En Hare—quien se proclamó sucesor de Platón quizás en un momesto de descuido (“Das