

Memoria editorial. Actualizaciones

Cibernética. Realidades y falacias

MANUEL SADOSKY*

*Manuel Sadosky [1914-2005]
Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas.
Universidad de Buenos Aires (UBA).
Ciudad de Buenos Aires, R. Argentina.

FECHA DE RECEPCIÓN: 1954

FECHA DE ACEPTACIÓN: 1955

Publicación original en Acta Neuropsiquiat Arg. 1955;1(1):97-103.

Creímos oportuno —en el inquietante contexto actual en que tanto se habla de la llamada «inteligencia artificial»— republicar el presente artículo de Manuel Sadosky (1914-2005), uno de los padres de la computación en Argentina, no sólo por su interés intrínseco en la cuestión al ser una fuente directa y de primera mano, sino por la precisa problematización de la cuestión y su intento por deslindar las falacias que, ya en la década del cincuenta del siglo pasado, se escondían aparentemente en el concepto teórico de la naciente cibernética, como ciencia teórica de la complejidad y, sólo secundariamente, como tecnología de las *computadoras* (o *robots*) asistentes a las actividades humanas más complejas tal cual lo expone en el texto como coadyuvante en una delicada operación quirúrgica. A más de sesenta años impacta su actualidad epistemológica y su potencial advertencia ética, oportuna en nuestro presente, donde se corre el serio riesgo de caer imperceptiblemente en un *statu quo tecnototalitario*.

Hugo R. Mancuso

Palabras clave: Inteligencia artificial — Aprendizaje automatizado — Datos de aprendizaje — Análisis de grandes datos.

Keywords: Artificial Intelligence — Machine Learning — Learning Data — Big Data Analytics.

En los últimos tiempos se ha estado difundiendo, a través de libros y publicaciones periodísticas, una serie de noticias relativas a una «nueva» ciencia: la cibernética o «ciencia del control y la información en el animal y la máquina» [8]

Las brillantes realizaciones tecnológicas logradas en los últimos años, más especialmente en los últimos 15 años, han producido en muchos técnicos y hombres de ciencia un deslumbramiento del cual son fiel reflejo los títulos de algunos de los libros publicados: «Los cerebros gigantes», de Berkeley [2]; «El pensamiento artificial», de Pierre de Latil [6]; «Máquinas que piensan», de L. Couffignal [5]; «Diseño de un cerebro», de R. Ashby [1], etc.

Es importante estudiar las maravillosas realizaciones tecnológicas que se han producido últimamente y cómo se ha logrado vincular conocimientos de biología, matemática, lógica o electrónica, antes muy alejados de sí; pero interesa también efectuar un análisis crítico de los juicios

de los «cibernetistas» que, basándose sobre todo en analogías exteriores y sin profundizar el sentido de los conceptos, hablan de máquinas que juegan, que calculan, que piensan...

Energía y control. La utilización de una nueva forma de energía señala siempre una etapa en la evolución de la técnica. El hombre actual dispone de fabulosas fuentes energéticas: mecánicas, térmicas, químicas, eléctricas y atómicas, pero la utilización de cantidades cada vez mayores de energía ha exigido la creación de medios de control cada vez más sutiles y precisos.

Tradicionalmente, lo fundamental en el control era realizado *directamente* por el hombre, que, con la vista, debía comparar colores o formas, determinando igualdades o diferencias; con el oído debía diferenciar sonidos; con el gusto y el olfato, sabores y olores. La supresión de la intervención *directa* del hombre en el mecanismo -de control convierte al proceso en automático.

El hombre ha logrado construir aparatos capaces de establecer diferencias entre colores, sonidos, gustos, etc., más sutiles que las que pueden apreciar *directamente* los sentidos más agudizados. Esos aparatos trasmitten, generalmente, las informaciones que son capaces de suministrar por medio de débiles corrientes eléctricas, y estas corrientes, amplificadas, pueden hacer accionar poderosos mecanismos. Así, por ejemplo, cuando una persona atraviesa una zona determinada en algunas" estaciones subterráneas, interrumpe un rayo luminoso que incide sobre una célula fotoeléctrica; la variación de flujo luminoso produce una pequeña variación de corriente eléctrica que, amplificada mediante un circuito apropiado, hace poner en funcionamiento la escalera mecánica.

Las células fotoeléctricas, los aparatos productores y registradores de sonidos y ultrasónidos, los medidores de pH, los diversos dispositivos electrónicos (radio, televisión, radar), son mecanismos que, cumpliendo la función precisa que están destinados, actúan ante variaciones cuantitativas iguales o inferiores a las que impresionan los sentidos del hombre y de los animales superiores.

Controles abiertos y cerrados. Existen mecanismos de control automático de dos clases bien diferenciadas: los de tipo abierto y los de tipo cerrado. Los de tipo abierto son aquellos en los que el resultado de la operación que controlan no altera el desarrollo del proceso. Tal es el caso del control del tránsito mediante luces automáticas, en el cual las interrupciones periódicas se producen de acuerdo a una norma preestablecida y que no cambia en base al resultado logrado. Haya mucho o poco tránsito, las luces cambian siempre con el mismo ritmo. Las señales luminosas logran sustituir a un hombre que dirige el tránsito, pero debe reconocerse que, con este tipo de automatismo, el control pierde su eficiencia, pues un hombre puede evitar detenciones innecesarias cuando decide que no hace falta detener el tránsito en una dirección en tanto no lo exista en la otra.

El otro tipo de control automático, cuya importancia es cada día más notable, es el de tipo cerrado. De este tipo es el control de la temperatura en la heladera, que posee un mecanismo que hace que el aparato de refrigeración

funcione hasta que en el interior la temperatura sea de un número prefijado de grados, por ejemplo, 2°, para entonces dejar de funcionar hasta que la temperatura ascienda hasta 12°, por ejemplo, y volver a enfriar nuevamente hasta los 2°. Ese mecanismo es un *termómetro*, dispositivo que señala la diferencia entre la temperatura obtenida y la temperatura prefijada y que hace actuar al equipo congelador de acuerdo con esa diferencia.

El termostato suple, en este caso con ventaja, al operador, que, para cumplir esa función, debería estar constantemente observando la columna termométrica y, de acuerdo a sus observaciones, haciendo funcionar el equipo congelador. Un hombre que hiciera esta tarea haría un trabajo en el cual sólo utilizaría una mínima parte de su capacidad intelectual, a punto tal que puede ser sustituido por un mecanismo sencillo. Y si se analizan las actividades humanas, se notará que hay muchas que tienen esa característica de poder ser reemplazadas por mecanismos, situación que se presentó en la historia en forma especialmente evidente cuando la fuerza bruta del hombre quedó despreciada frente a las máquinas.

Los controles de tipo cerrado reciben el nombre genérico de servomecanismos o controles por realimentación (*feedback*) porque lo que pone en movimiento el mecanismo es la diferencia —medida constantemente— entre el valor que se desea alcanzar de una magnitud y el logrado realmente. Este último es reintroducido en el dispositivo de entrada de modo que, automáticamente, se va haciendo la *diferencia* en virtud de la cual se acelera, retarda, abre o cierra el mecanismo.

El ejemplo más claro, y al mismo tiempo el más antiguo (1788), de servomecanismo, es el regulador de Watt, mecanismo esencial para la utilización de la máquina de vapor (Figs. 1 y 2).

Operaciones muy complicadas pueden ser realizadas por controles automáticos múltiples que actúan por realimentación. Un ejemplo bastante sorprendente lo constituye el *aparato automático de anestesiar*, construido en la Clínica Mayo por R. G. Bickford [3] (Fig. 4).

Recordemos que cuando una persona actúa como anestesista (Fig. 3) recoge debe dar.

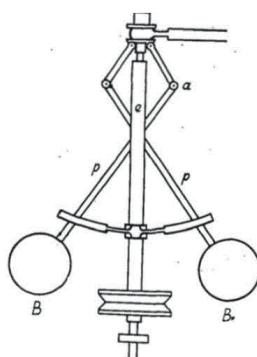


Figura 1. Regulador de Watt

Las dos bolas metálicas B , unidas a un eje de rotación e , se mantienen a una altura que depende de la velocidad del eje, elevándose, mediante los vástagos p , a medida que aumenta esa velocidad. El mecanismo articulado depende de la posición de B y actúa sobre una argolla g . Esta argolla acciona un mecanismo que abre o cierra la entrada de vapor según que la velocidad del eje sea menor o mayor que la velocidad deseada. En este caso, a cada velocidad del eje corresponde una altura de las bolas B ; la información de esta altura la da la argolla g , y en base a esta información se aumenta o disminuye la energía puesta en juego.

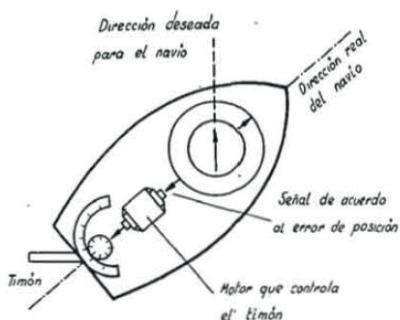


Figura 2. Piloto automático navío

El primer trabajo moderno de servomecanismos fue el de Minorsky (1922) y se refería a la dirección automática de un navío que debe seguir un rumbo prefijado. Como señal de error se utiliza la diferencia del rumbo deseado y del rumbo real, y esta señal hace actuar un motor (hidráulico o eléctrico) ligado al timón y que mueve a éste en uno u otro sentido según sea la desviación medida.

El anestesista puede considerarse un eslabón humano en un sistema de control por realimentación. ¿Se puede evitar este eslabón humano en el sistema? Bickford contesta afirmativamente utilizando registros electroencefalográficos para medir la profundidad de la anestesia. Cada plano de profundidad anestésica tiene un registro electroencefalograma (EEG) típico, y los datos que se van obteniendo se comparan con los resultados deseados, actuando las válvulas de acuerdo con la diferencia o error cometido. Siendo la anestesia de efectos tan rápidos sobre el cerebro, los datos electroencefalográficos se han mostrado, según Bickford, más rápidamente sensibles a los cambios que los factores clínicos.

Estabilidad e inestabilidad. Hay un punto particularmente importante en el estudio de estos mecanismos: es el relativo a su estabilidad. En general, la inestabilidad se produce cuando a una gran amplificación corresponde un retraso significativo en el tiempo de respuesta.

El gran progreso en la construcción de servomecanismos se produjo cuando se pudo estudiar matemáticamente el problema de su estabilidad. Así se ha logrado, utilizando recursos matemáticos superiores, dar normas precisas para caracterizar la estabilidad de un servomecanismo, con lo cual resulta factible hacer especificaciones técnicas que aseguren el buen funcionamiento. Hoy en día

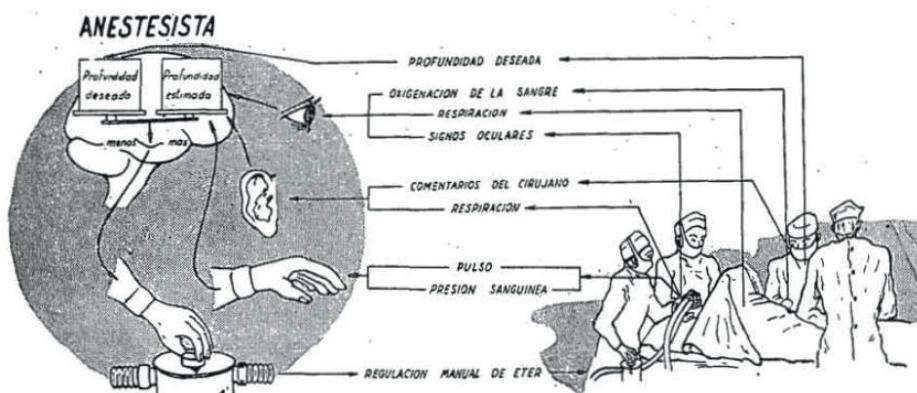


Figura 3. Anestesista humano

el construir servomecanismos es una técnica; antes era un arte de inventores.

Feed-back y homeostasis. Desde muy antiguo, los biólogos estudiaron la cuestión que señaló la existencia de un *medio interno* que rodea y baña los tejidos del organismo, medio interno perfectamente diferenciado del *medio exterior* o cósmico formado por todos los elementos ajenos al organismo mismo. Claude Bernard afirmó —y sería difícil exagerar la importancia de esta afirmación— que: «La fijeza del medio interno es la condición de la vida libre e independiente. Todos los mecanismos vitales, por variados que sean,

tienen un solo objeto: conservar constantes las condiciones de vida del ambiente interior».

La constancia del medio interno se logra pese a que los materiales que lo arman son inestables. Para lograr esa constancia en los seres vivos superiores se producen procesos muy complejos «que implican la actuación del encéfalo y de los nervios, del corazón, los pulmones, los riñones y el bazo, trabajando y cooperando», como dice W. Cannon, el fisiólogo que desarrolló las ideas de Claude Bernard y que propuso el nombre de *homeostasis* para todos esos procesos.

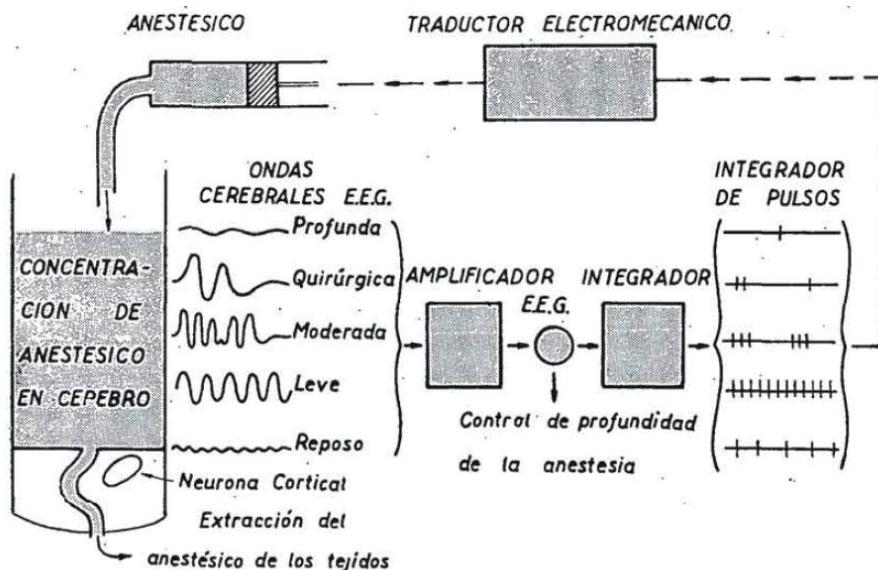


Figura 4. Traducción electromagnética

Veamos un ejemplo: siendo la sangre el principal constituyente del medio interno, su conservación es esencial. El hecho de que la sangre tenga la propiedad de coagularse contribuye decisivamente a esa conservación. Cuando por una herida el cuerpo pierde sangre se forma un coágulo que, a veces, logra taponar la herida y evitar la salida de más sangre. Si, a pesar del coágulo, la sangre sigue saliendo, el tiempo de coagulación disminuye, es decir, el organismo pone en funciones un proceso tendiente a impedir la variación del medio interno.

Según Cannon, y en forma muy esquemática, el proceso puede caracterizarse en la siguiente forma: la salida estimula la producción de adrenalina por la médula adrenal; el aumento de adrenalina en la sangre reduce el tiempo de coagulación.

El fenómeno real es muchísimo más complejo. «La sangre coagula más rápidamente si su volumen circundante disminuye por efecto de su salida del cuerpo. Los vasos periféricos se construyen; así, no solamente se reduce el aflujo de sangre a las regiones en que más frecuentemente tienen lugar las pérdidas, sino que también es asegurado el aporte normal y continuo a aquellos orgánicos más esenciales y especialmente sensibles, como el encéfalo y el corazón. Todos estos mecanismos son regulados, automáticamente por el sistema nervioso simpático, excitado en su actuación por la baja presión sanguínea. Estos ajustes ocasionales del organismo van seguidos del restablecimiento del volumen sanguíneo por la adición de agua y sales procedentes de los intersticios de los tejidos y por el servicio funcional de la sed» (W. Cannon) [4].

Como se ve, este proceso tiene evidentes analogías con los de *feed-back* que estudian los ingenieros.

Feed-back y sistema nervioso. En el hombre y los animales superiores no sólo se encuentran procesos de *feedback* como el del ejemplo antes mencionado, sino también en el cumplimiento de la actividad volitiva.

La neurología sabe ya, por ejemplo, que el acto elemental de tomar un objeto con la mano no se realiza simplemente porque los

efectores responden a una orden directa del cerebro. El proceso es mucho más complicado: a medida que el brazo se acerca al objeto, la vista aprecia la *diferencia* entre el punto alcanzado por la mano y la posición del objeto y, en base a esa diferencia, se gradúa el esfuerzo muscular y, eventualmente, se corrige la dirección del brazo. En general, en los procesos de sensibilidad propioceptiva hay muchos mecanismos de tipo *feed-back*.

Wiener hace notar que estos *feed-back* pueden fallar —como fallan, a veces, los *feed-back* de la tecnología—, sea por interrupción del «circuito», sea por mala compensación (inestabilidad). Lo primero ocurre en los casos de ataxia locomotriz, es decir, cuando se lesionan los cordones posteriores de la médula, y lo segundo, en la ataxia cerebelosa. También se pueden señalar procesos de *feed-back* en el aprendizaje, pues se trata de una actividad del hombre o del animal que se modifica esencialmente en base a los resultados logrados.

Evidentemente, en todo proceso en que interviene el sistema nervioso las cosas son de una gran complejidad, lo que no obsta para afirmar que el conocimiento del mecanismo de los procesos de control por realimentación puede facilitar la comprensión de la fisiología y la patología de algunos de esos fenómenos.

¿Hay algo nuevo en la cibernética?
Lo más característico de los procesos estudiados por la cibernética es el empleo sistemático del control por realimentación (*feed-back*). Hemos visto cómo los servomecanismos permiten efectuar ciertas operaciones que «cuando son efectuadas por los seres humanos son una forma de pensamiento» [7].

Pero los servomecanismos se habían estudiado antes del nacimiento «oficial» de la cibernética. También los procesos homeostáticos eran conocidos y habían sido tratados por los biólogos, y especialmente por la escuela de Cannon. Los reflejos condicionados, y con ellos los problemas del aprendizaje, habían sido estudiados por la escuela de Pávlov.

Entonces, ¿qué es lo nuevo de la cibernética? Haber destacado las *analogías* existentes en todos estos tipos de procesos, utilizando un

lenguaje común y buscando en ellas algún fundamento para hacer teorías tendientes a explicar cuestiones tan difíciles como el mecanismo de la memoria, el funcionamiento de los sentidos, etc.

La cibernetica no es una nueva ciencia con principios distintos de las ciencias hasta ahora estudiadas. A lo sumo, es un nuevo punto de vista.

La construcción de robots capaces de imitar ciertos aspectos del comportamiento de los hombres exige el conocimiento más profundo posible de los procesos biológicos y, en particular, de las funciones del sistema nervioso. Del mismo modo, el planteo matemático de los problemas de estabilidad de los servomecanismos puede tener interés para los biólogos y neurólogos. Por eso los cibernetistas han propugnado las reuniones conjuntas de matemáticos, físicos, fisiólogos, neurólogos, psicólogos, filósofos y sociólogos, para discutir esos temas que pertenecieron a la «tierra de nadie», por estar situados entre los límites mal definidos de varias disciplinas.

Pero, a medida que estas reuniones han proseguido, se ha ido perdiendo de vista el punto de partida y se han *identificado conceptos* que corresponden a niveles de organización diferentes, con lo cual, o bien se han

reducido todos los problemas a un nivel mecánico, o, por el contrario, se ha *animado* a los mecanismos de la técnica, llevándolos al nivel humano. Reducccionismo y animismo que no apa recen ahora por primera vez en la historia de las ideas.

Cuando, olvidando que se trata de analogías, se hacen identificaciones, se llega a falacias totales, hábilmente fomentadas por quienes quieren hacer creer que el hombre ya es un simple juguete de las máquinas. De todas maneras, conservando con serenidad la mira en los verdaderos objetivos de la cuestión, la consideración del punto de vista cibernetico es de un gran interés.

Para satisfacer ese interés, sin necesidad de utilizar el aparato matemático, bastante complicado, que comporta la exposición de los principales problemas del control y la información, es útil hacer conocer los más notables servomecanismos que han sido creados e informar sobre las perspectivas actuales de su estudio.

En el próximo artículo analizaremos cómo ha sido posible la construcción de las grandes máquinas de calcular, cuales son algunas de sus realizaciones más sorprendentes y **en qué radica, a nuestro juicio, la falsedad en la afirmación de que esas máquinas piensan.**

Referencias

1. Ashby RG. Design for a brain. London: Chapman and Hall; 1952.
2. Berkeley EC. Giant brains. New York: Wiley; 1949.
3. Bickford RG. The use of feed-back systems for the control of anesthesia. Electr Eng. 1951;70:852-855. DOI: 10.1109/EE.1951.6436854
4. Cannon WB. La sabiduría del cuerpo. [Trad. de] The Wisdom of the Body. México DF: Séneca; 1941.
5. Couffignal L de. Les machines à penser. Paris: Minuit; 1952.
6. Latil P de. La pensée artificielle. París: Gallimard; 1953.
7. Mays W. The hypothesis of Cybernetics. BJPS. 1951;2(7):249-250. Disponible en: [http://ftp.math.utah.edu/pub/tex/bib/toc/bjps.html#II\(7\):November:1951](http://ftp.math.utah.edu/pub/tex/bib/toc/bjps.html#II(7):November:1951)
8. Wiener N. Cybernetics of control and communication in the animal and the machine. New York: Wiley; 1948.