Algunas perspectivas sobre la aplicación de los sistemas expertos en medicina

M. S. Gavelli*

RESUMEN

Se discute la relación entre los modelos biológicos y los informáticos en el estudio de los problemas de la fisiología y fisiopatología humanas.

Se analizan también los principios biomatemáticos necesarios para evaluar los procesos biológicos y elaborar los sistemas expertos.

Los fenómenos biológicos son notablemente complejos y ricos en variables de difícil cuantificación. Por otra parte, la cuantificación de los singulares componentes de un fenómeno biológico es una premisa indispensable, no sólo para una correcta valoración del mismo, sino también para comprender el papel que éste desempeña en la economía general del sistema al que pertenece.

Es útil adelantar que la cuantificación de un fenómeno biológico es posible sólo a través de un análisis matemático de sus componentes.

En efecto, cualquier fenómeno biológico puede traducirse en un modelo físico, es decir, es susceptible de una descripción matemática y, por ello, transformable en un modelo matemático.

Por otra parte, el modelo matemático permite, a través del cálculo objetivo, una solución matemática del problema biológico.

La solución matemática del problema biológico, por definición, es: invariable, reproducible y verificable, por lo que responde a los principios generales de la "teoría de los sistemas".

Por todo lo dicho, en los últimos años, el cálculo analítico ha dado lugar al nacimiento de una nueva ciencia: la biomatemática, en la que se conjugan informática e información, gracias al uso de los llamados sistemas expertos.

Los sistemas expertos son los que imprimen ritmo a la investigación científica y desarrollo a nuestra sociedad; desarrollo que ha sido posible por la velocidad, la rapidez del intercambio de información.

Sabemos que en el campo médico el progreso del conocimiento ha logrado en los últimos 50 años lo mismo que en aproximadamente 2.000 años de historia, sin embargo, este progreso no es comparable al alcanzado por otras disciplinas.

Esto ocurre, probablemente, porque la medicina no incorpora a su discurrir el cálculo analítico, el análisis sistemático, quizás por la aparente discordancia entre las ideas abstractas

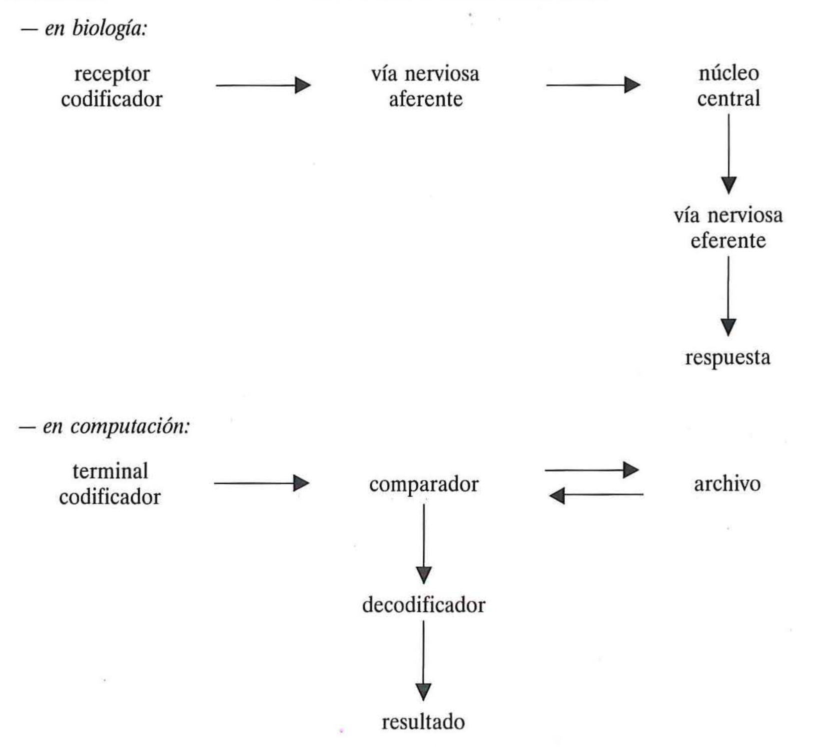


Fig. 1.

* Catedra di Semeiotica Medica III. Universita di Roma "La Sapienza".

y técnicas que este tipo de pensamiento supone y las amplias y variables de la realidad biológica.

Pero los puntos de conjunción comienzan a surgir [1, 2].

Por ejemplo, la "teoría de la comunicación" se aplica tanto para comprender el funcionamiento de una unidad de computación como para explicar el mecanismo de las respuestas biológicas (Fig. 1).

También es posible explicar mucho, o la mayoría, de los fenómenos biológicos a través de un modelo cibernético. Por ejemplo, el ya expuesto para el control de la presión arterial (PA), (Fig. 2) [3, 4].

Pero lo más difícil es traducir ésto a una fórmula matemática, que permita, con su aplicación, suponer cuál será "la magnitud" de la respuesta ante la modificación de una de las variables que componen la ecuación. He aquí la idea que señala la particularidad de la expresión matemática que debemos encontrar, es decir, donde se reúnan la exactitud matemática con la relatividad de la biología.

Si bien es cierto que resulta fácil, en muchos casos, expresar la relación existente entre las variables de un fenómeno biológico, igual modificación de uno de los términos de la ecuación no siempre ocasiona el mismo cambio en el miembro correspondiente. Esto es así porque:

1. En biología, y aún más cuando se estudian especies superiores, la producción de una respuesta ante una modificación dada del medio depende de la intervención de una serie de mecanismos y sistemas interdependientes.

2. La respuesta que se obtiene ante la aplicación de igual estímulo a sujetos de una misma especie, es siempre diversa, es decir, de tipo "individual".

Teniendo en cuenta que la homeostasis del medio interno es la resultante de una serie de variables oscilantes entre dos extremos, estas variables pueden ser interpretadas desde el punto de vista matemático por medio del razonamiento que explica el significado de una función de variabilidad limitada de tipo cerrada [5].

Una función de variabilidad limitada de tipo cerrado es una sucesión monótona de valores reales de tipo creciente o decreciente [6].

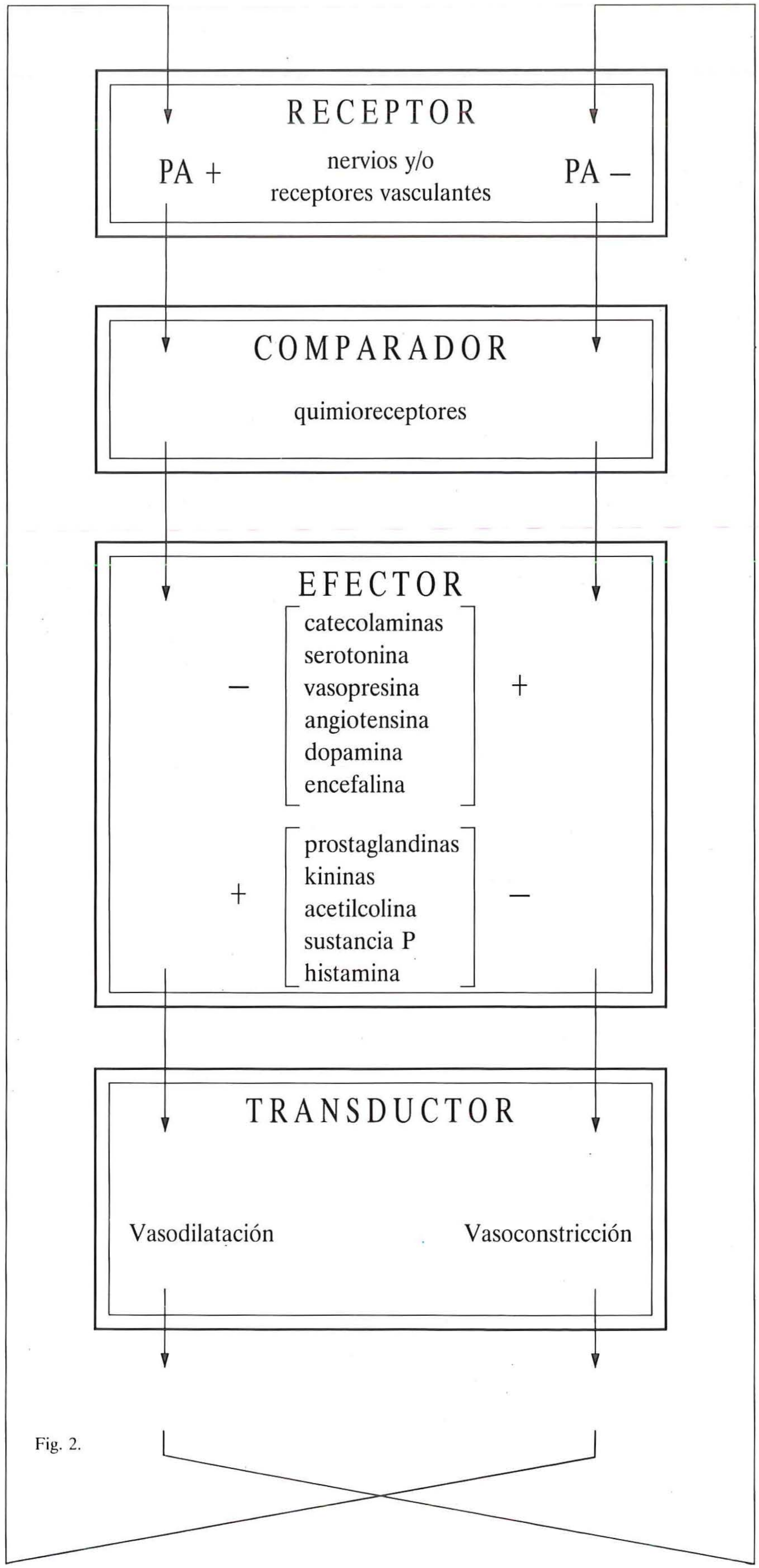


Fig. 2.

Si se consideran como puntos extremos de esta función al punto "a" y al punto "b", entre los que se intercalan todos los posibles valores de la incógnita "x", podemos representar esta función en el plano de las abscisas del siguiente modo:

que se traduce en la expresión:

$$a \leq x \leq b$$

En esta expresión todos los posibles valores de "x" resultarán incluidos en el intervalo (a;b).

Si se descompone este intervalo cerrado en un número "n" de subintervalos, siendo n — 1 el número total de las divisiones realizadas tendremos entonces que:

$$a < x_1 < x_2 < ... < x_{n-1} < b \qquad f.(1)$$

que podemos definir mejor sustituyendo a con x_0 y ab con x_n; resulta:

$$x_0 < x_1 < x_2 < ... < x_{n-1} < x_n \qquad f.(2)$$

Si imaginamos el intervalo (a;b) dividido en un número "x" de puntos, la suma de estos puntos expresará la dimensión del intervalo e igualmente los límites de la función de variabilidad limitada.

La función de variabilidad limitada de tipo cerrado es una sucesión monótona de valores reales. En una sucesión monótona, la función f (n) es decir, el conjunto de valores que puede adoptar la variable, es tal que n = 1, 2, 3,...,n; donde n coincide con el límite de la sucesión.

Se dice que una sucesión es limitada cuando f (n) ≤ L.

La sucesión monótona de valores reales es de tipo creciente cuando:

$$f(n) \leq f(n+1) \text{ para todo } n \geq 1$$
$$(\text{o también } f(n) \uparrow) \qquad f.(3)$$

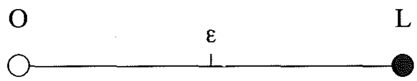
y decreciente cuando:

$$f(n) \geq f(n+1) \text{ para todo } n \leq 1$$
$$(\text{o también } f(n) \downarrow) \qquad f.(4)$$

Una característica de la sucesión monótona es la convergencia. Para demostrar ésto, supongamos que f (n). Tomando ahora un número arbitrario ε, tendremos que:

$$O < \varepsilon \leq L \qquad f.(5)$$

Lo que puede representarse del siguiente modo:



En el segmento Lε, existe al menos un f (n) tal que:

$$(L - \varepsilon) \leq f(n) \leq L \qquad f.(6)$$

Lo que significa que la función converge a L.

La convergencia puede darse hacia el extremo superior y también hacia el inferior, pero sólo si la sucesión monótona es limitada.

En todo feed-back espresado como función de variabilidad limitada de tipo cerrado, la sucesión monótona que lo define converge alternativamente hacia el límite superior o el límite inferior.

En conclusión, la función de variabilidad limitada de tipo cerrado, expresada por la función real f de la variable real x, definida por el intervalo cerrado (a;b) es tal que:

$$\sum_{i=1}^{n} | f(x_i) - f(x_{i-1}) | \qquad f.(7)$$

Valor que estará limitado por el mismo número (n), que será independiente de cualquier subdivisión usada.

Aplicando esta expresión a cada uno de los términos que intervienen en una fórmula de tipo biológico, trabajamos en un lenguaje también comprensible por la computadora.

Lo imprescindible ahora es encontrar el término, llámese "coeficiente de variabilidad", que permita hacer extensiva la fórmula a todo sujeto estudiado. De esta manera, el terminal es alimentado con datos perfectamente asimilables por el sistema, ya que las diversas variables que intervienen deberán ajustarse u oscilar entre los extremos previamente incorporados al archivo, para que sea posible la comparación (x y x de f.(2)).

Si bien las consideraciones teóricas realizadas parecen simples, no lo son tanto en el plano práctico, ya que para llevarlas a cabo es necesario estudiar, establecer correctamente y en un grupo significativo de casos, la respuesta obtenida ante la modificación de una de las variables.

Llegamos aquí a los dos puntos más difíciles de conseguir: modificar "sólo una" de las variables que intervienen en un fenómeno biológico y realizar una interpretación matemática.

Bibliografía

1. Singh J. *Linguaggio e cibernetica.* EST, Mondadori Ed, Milano 1976.
2. Douglas S y Riggs MD. *The fundamental nature of feedback sistems. On endocrine pharmacology: compartimental models and control systems.* Portonovo Conferences. September 2-7: 1974.
3. Guarini G. *Matematical elaboration of arterial pressure for an integrated software project for clinical and experimental reserch. Acta III Meeting on Conflicting aspects in the clinical approach to Hypertension.* Montecassino. October 21-22: 1988.
4. Riggs DS. *Control theory and physiological feedback mechanisms.* Williams and Willkins Co, Baltimore 1970.
5. Apostol TM. *Calcolo.* Analisi 1. Vol I. Boringhieri Ed, Torino 1978.
6. Guarini G. *Matematical problems of humoral regulation of arterial pressure. Acta III Meeting on Conflicting aspects in the clinical approach to Hypertension.* Montecassino. October 21-22: 1988.

SOME OUTLOOKS ABOUT THE USE OF EXPERT SYSTEMS IN MEDICINE

Summary

Attention is drawn to the relationship beetwen informatic and biological models in the study of problems of human physiology and physiopathology.

The biomathematical principles, to which reference must be made for the elaboration of the expert systems, necessary in evaluating biological feed-back in particular, are analyzed.