

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA



FACULTAD DE INGENIERIA Y AGRIMENSURA

INSTITUTO DE MATEMATICA Y ESTADISTICA

AV. J. HERRERA Y REISSIG 565

MONTEVIDEO - URUGUAY

MACHADO

Profesor Edurne Mirraji

FACULTAD DE CIENCIAS

Estimado Mizraji:

Tal como le habé anunciado,
le envío la sección 6 del capítulo 4, en
que incorporo una muestra de trabajos científicos
sobre la conexión mente-cerebro. En lo
fundamental está extractada de fotocopias que
le me regaló ~~hace~~ hace varios meses

Le ruego que revise muy
críticamente el texto, nada de cortesías,
porque sabemos yo tan poco de la parte
biológica, tanto que haya expresiones incorrectas
que ~~debe~~ ^{conviene} modificar. Por supuesto, es una
síntesis muy apretada; porque ~~esta~~ extensión no
debe ser muy diferente de la de otras secciones.

No tengo ningún apuro, porque
estoy muy ocupado en la redacción de otros
capítulos, y las redacciones definitivas se harán
dentro de algunos meses.

Apresioando muchísimo su de-
dicación, le saluda cordialmente, así como
a Cristina



tación ni siquiera aproximadamente precisa a semejante pregunta. Sólo en años recientes se empiezan a descorrer los velos. Hay que tener en cuenta que recién a fines del siglo pasado se dio un primer paso importante en este sentido: en 1880-1890 C. Golgi descubrió una clase de células que son los "ladrillos" con que está construido el sistema nervioso, formados por un cuerpo central del que emanan dos tipos de prolongaciones, las dendritas y el axón. Waldeyer las llamó *neuronas*, y el nombre ha perdurado. (26, 65-66)

Pero aún hoy estamos todavía muy lejos de poder responder a la pregunta de Spinoza; no obstante, en las últimas décadas, gracias al microscopio electrónico, al desarrollo de las técnicas microeléctricas, etc., los avances hacia una respuesta adecuada empiezan a ser significativos. De ello intentaremos dar, a pesar de nuestras limitaciones personales, una idea muy escueta y general.

El libro de M. Bunge, *El problema mente-cerebro*, trata precisamente del problema planteado. Después de algunas consideraciones iniciales, encara los diez tipos de soluciones al problema propuesto, desde el punto de vista filosófico (ver 20, 26, Tabla 1.1). Al cabo de una discusión aguda, que abarca varias páginas, se pronuncia, como única alternativa aceptable, por el *monismo materialista emergentista*, que "sostiene que el SNC [sistema nervioso central] (...) [tiene] funciones mentales (...) emergentes respecto al nivel físico, [que] no se limitarían a ser procesos puramente físicos. (...) La estructura del cerebro incluye las conexiones neuronales. El resultado es un sistema con propiedades emergentes -como, por ejemplo, las capacidades de percibir, sentir, recordar, imaginar, desear, pensar, etc.- de las que carecen sus componentes celulares [neuronas]." (20, 28-29)

A partir de ahí (67) organiza los datos básicos y sus consecuencias, siguiendo quizás la inspiración de Spinoza, en un modelo de estructura formal análoga a una teoría matemática: definiciones, postulados, corolarios, etc. Este modelo es una primera tentativa, a nuestro entender positiva para el desarrollo de la ciencia, que pensamos que debe enriquecerse con un conocimiento experimental más avanzado de sus estructuras y su funcionamiento bioquímico, eléctrico, etc. Un peligro de este proyecto, a nuestro juicio, es que caiga en una forma de *reduccionismo* filosófico. Por ejemplo, ya en la Def. 4.4 se dice: "Una sensación (...) es una actividad específica (proceso) de un sistema sensorial." (117): se puede incluso aceptar que una sensación es, en la realidad, tal cosa, pero no cabe duda de que esa actividad básica tiene otro plano de manifestaciones, al nivel de *psiquismo*, regidas por sus propias leyes psicológicas (ver sección 4.0 de este mismo Capítulo, en que el ejemplo de la teoría cinética de los gases ilustra una situación análoga). El propio Bunge reconoce el peligro: "Hemos defendido la reducción de la psicología a la neurofisiología, pero también hemos advertido que esa reducción sólo puede ser parcial o débil, y esto es así por dos razones." (225) Pero esas dos razones que aduce -y que son valaderas- no son suficientes; mal que nos pese, la descripción de los fenómenos psíquicos, que incluye como método, impreciso sin duda, la *introspección*, es y será insustituible por métodos bioelectroquímicos, potencialmente mucho más precisos, pero una precisión que es inalcanzable con el nivel

de nuestros conocimientos científicos actuales y probablemente en décadas o quizás siglos por venir.

Hemos examinado una pequeña muestra -que nos fue suministrada por el biofísico E. Mizraji- de artículos de carácter científico, que incluyen datos fácticos recientes. En 21 se dice: "Las neuronas son dispositivos analógicos [es decir, no son "digitales", con sólo dos estados, excitada-no excitada, como alguna vez se pensó]. Reciben sus *inputs* sinápticos, ejecutan una "computación" basada en ellos y generan un *output* que generalmente es una *firing frequency* de valores continuos, representada como el tiempo entre impulsos discretos llamados potenciales de acción." (789) "Segundo, en el sistema nervioso de los mamíferos existen diez mil o más millones de neuronas (...). Sin embargo, puesto que son elementos lentos, que tienen tiempos de integración del orden del milisegundo o decenas de milisegundos, no hay tiempo para las largas cadenas de cálculos elementales que caracterizan a los computadores digitales. Adoptan [por ello, en lugar de largas cadenas "en serie"] estructuras altamente "en paralelo". (800) Supongamos que tenemos dos conjuntos de N neuronas, llamados α y β (...). Una neurona j en α está conectada a la neurona i en β por medio de sinapsis modificables de fuerza $A(i, j)$, que forman una "matriz de conectividad" A . (...) [En el caso más simple, si f y g son N -vectores normalizados que representan, respectivamente, el estado de las neuronas de α y β], se tendrá $A = g f^T$, en que T indica la transposición del vector f . Esta formulación de álgebra lineal es adecuada para estudiar el funcionamiento de tales sistemas neuronales -aceptando provisoriamente un funcionamiento lineal-; y con computadoras modernas, aunque N sea muy grande, de algunos centenares de neuronas, los cálculos concretos son perfectamente realizables. (803 y Fig. 8) "Dos memorias recientes sobre psicología [B. B. Murdock, Jr., "Una teoría para el almacenaje y recuperación de items e información asociativa.", *Psychol. Rev.*, vol. 89 (1982), 609-626; J. M. Eich, "Un modelo holográfico compuesto de recuerdo asociativo," *ibid.*, 627-661] usan un método vectorial semejante al anterior para explicar una buena cantidad de fenómenos psicológicos." (804) "Hemos utilizado expresiones vectoriales como

entidades elementales en todos estos modelos. Hemos mostrado que estas entidades pueden ser usadas para llevar a cabo operaciones reminiscentes de una versión simplificada de unas pocas capacidades psicológicas de los seres humanos (...) proveen propiedades como la abstracción, conceptos y posiblemente inferencia que, de algún modo, se parecen a las nuestras." (813)

En 22, se examina lo que es, en cierto modo, el problema inverso del anterior: "La gran eficacia de la computación biológica induce a pensar en la posibilidad de lograr capacidades similares en dispositivos artificiales basados en los mismos principios de diseño que los sistemas neuronales. (...) Aunque esos modelos sencillos presentan un parecido meramente metafórico con los ordenadores biológicos naturales (...) [están] sirviendo de inspiración a nuevos diseños [arquitectural] de microcircuitos y ordenadores. Tal vez proporcionen también vías nuevas para comprender los sistemas biológicos." (44) O sea, se está creando una estrecha vinculación entre el plano neuropsicológico y el informático, para beneficio de ambos. "Durante el decenio de 1960 (...) [se] crearon

9

"neuronas adaptables" y redes sencillas capaces de "aprender". La Adaline (...) de Widrow es un sistema mononeuronal capacitado para aprender a reconocer un patrón (una letra, por ejemplo) con independencia de su orientación o tamaño." (44) (...) "[Un] microcircuito consiguió condensar una red de 22 amplificadores provista de 462 interconexiones en una superficie de menos de un centímetro cuadrado; una vez programada debidamente su matriz de interconexiones, el circuito funcionó como memoria asociativa. (52)

En 23 (que repite parcialmente a 21) se dice: "Por memoria asociativa entendemos la capacidad de pasar de una representación interna a otra o de una parte de una representación compleja al resto. (...) [lo que] es un rasgo prominente de la memoria humana desde los tiempos de Aristóteles." (29) "Creemos que las representaciones distribuidas son una idea muy prometedora y que una teoría cognitiva, cuando lleguemos a ella, puede tomar la forma de un cálculo de vectores de estado en que el nivel psicológico de la descripción corresponderá a las permutaciones e interacciones de los vectores de estado. Finalmente, hay razones puramente tecnológicas para estudiar los sistemas en paralelo, aparte de su interés científico, porque pueden ser el mejor camino para aumentar la velocidad y poder de la computación en el futuro. Algunos desarrollos recientes (...) hacen relativamente fácil (...) realizar modelos paralelos directamente en el hardware. (...) Una considerable experiencia con ellos puede ser necesaria antes de que nuestras ideas acerca de la computación en paralelo sean adecuadas para permitirnos el enorme potencial de esta clase de sistemas tanto como mecanismos computacionales como como modelos de la mente." (59)

En 24, "Mostramos en las Tablas I A, B las funciones proposicionales clásicas [conjunción, disyunción, implicación, disyunción excluyente, barra de Scheffer, negación] y los operadores matriciales correspondientes. En la Tabla II ilustramos las versiones matriciales para algunas leyes básicas del cálculo proposicional." (172-173) "Primero, la existencia de capacidades multiplicativas de algunas sinapsis debe ser experimentalmente demostrada. Segun-

do, la existencia anatómica de la conectividad neural necesaria para construir un producto de Kronecker "imperfecto" debe ser probada. Mientras estos requisitos no estén satisfechos, los modelos aquí descritos deben ser considerados como contribuciones formales en el campo de las memorias distribuidas, pero no podrán sobrepasar el status de una conjetura neurobiológica." (176)

Por último, en 25 se encara un tema diferente, en que el problema es neuroquímico. Por una feliz observación, se ha comprobado que en los estados depresivos -fenómeno que ha de ser extraordinariamente más complejo que los que han sido descritos anteriormente- el uso de ciertos psicofármacos permite detectar cambios bioquímicos importantes en ciertas sinapsis, lo que arroja luces sobre la bioquímica de las conexiones sinápticas. Es apenas un botón de muestra que, sin embargo, abre quizás aspectos esenciales de los fenómenos que estamos reseñando.