

Holograma, modelo para la memoria

Ciertos misterios que se plantean en el estudio del cerebro estarían esfumándose en la medida en que se afirma la validez de un nuevo paradigma de su funcionamiento; el holograma. Lo propone Karl Pribram, quien se explaya acerca de sus ideas en una entrevista publicada en “Psychology today” (1979). El tema es tratado también por Massimo Piatelli - Palmarini en un artículo que aparece en la “Nouvelle Revue de Psychanalyse” (1977).

Pribram, notable investigador de la Universidad de Stanford, mentor de la neuro-psicología —esa tierra de nadie entre neurología y psicología— sostiene la existencia de un holograma neuronal. Esto es, que el cerebro operaría como un analizador de frecuencia que traduce los “estímulos” —de-finidos como conjuntos complejos de ondas— en sus patrones de ondas componentes, llevando a cabo una operación matemática análoga al análisis de Fourier.

El holograma resulta ser un modelo —y no una mera metáfora— para la Comprensión del proceso de la memoria y resuelve algunos de los misterios del funcionamiento cerebral partiendo de una base holística según la cual las funciones del todo no dependen de las partes. Deja así por el camino las hipótesis de la huella en un cerebro rígido, con localizaciones y conexiones fijas. A la vez la vertiente ondulatoria de la concepción del universo obtiene una valiosa prueba de su fecundidad.

En fin, una entera vuelta de tuerca.

ALGUNOS ROMPECABEZAS

Las teorías corrientes acerca de la memoria sostienen que ella es discreta y localizada, que es el resultado de cambios bioquímicos en el cerebro, y que es almacenada en células individuales, para ser llamada de vuelta cuando éstas son activadas electroquímicamente. Los fisiólogos han buscado las

localizaciones y los engramas, cambios en las células que supongan alguna forma de huella. No los encuentran. Más bien parece que una misma memoria está distribuida a través del cerebro, lo que explicaría que no haya correspondencia entre el monto de daño cerebral y el monto de pérdida de memoria. Un sujeto que pierde la mitad de su cerebro, no pierde la mitad de sus recuerdos ni reconoce sólo la mitad de su familia. Todavía más, dice Pribram, se ha demostrado que sólo el dos por ciento de las fibras de un sistema serían suficientes para cumplir las funciones de ese sistema — capacidad de reserva que sólo ocurre en el cerebro—. El resto estaría “involucrado en otras funciones.

Más categórico aún que Pribram, Piatelli-Palmarini afirma que, “si ha habido algún progreso luego del tratado de Aristóteles en la definición de lo que hay que explicar para explicar la memoria, este progreso consiste en una marginalización del concepto de traza mnésica”. El destino de la: huella lo sigue también el modelo de la computadora: las exigencias de su construcción imponen ciertas separaciones, por ejemplo, entre unidades de información, de memoria y de proceso, las que refuerzan la idea de reservorio y de recuperación. Locke habría sido el que inauguró la metáfora de la memoria como almacén de datos o hechos, un curioso almacén en el cual cada parte de un artículo forma parte a la vez de numerosos’ otros artículos; La memoria de los cibernéticos poco tendría que ver con la humana.

Pero no sólo de la memoria viene la quiebra del esquema topologista y atómico. También del aprendizaje y de la percepción.

Hay constancias perceptivas. Por ellas, reconocemos a un objeto como él mismo, no importa la distancia o la perspectiva desde la cual es -visto. Una palabra dice lo mismo aun .pronunciada, en otro tono y por voces muy diferentes. ¿Cómo, se concilia esta flexibilidad con un cerebro entendido como conexión fija entre objeto y respuesta?

Hay una transferencia del aprendizaje.

Aprendimos a escribir con una mano y podemos escribir también con la otra, con el pie y aún con un lápiz sostenido con la boca. Pero la parte del cerebro que controla las habilidades del pié o los dientes nunca escribió antes. Estas otras células también procesan la información acerca de la escritura que se adquirió unida a mano y brazo. El aprendizaje se distribuye por lugares impensados del cerebro.

En el caso del aprendizaje imitativo, no se podría aprender un movimiento copiando, si se tratara de identificar cada rasgo del modelo. Ni se podría realizar el acto si se tratara de seguirlo paso a paso. Más bien se atiende a cómo se hace-algo y se trata de hacerlo por uno mismo; es toda la configuración la que, está jugando.

OTRO PRINCIPIO

Se hace necesario buscar un principio organizacional que no sea el de las unidades, los corpúsculos, y una serie de sucesivos descubrimientos apuntan en dirección del orden ondulatorio .como posibilitando una mejor comprensión y formulación .de los fenómenos.

Un siglo atrás, Ohm descubrió el sistema auditivo como trabajando como un analizador de frecuencia de los sonidos y Georg von Békésy demostró que la cóclea y también la piel actúan como una cuerda sensible á determinadas frecuencias;

Todavía los textos consideran al sistema visual como un detector de rasgos singulares y a las células como selectivas para rasgos muy específicos tales como líneas y ángulos. Pero ahora se considera que las células .del sistema visual *no responden a formas* o intensidades de luz, *sino a patrones de luz y sombra*, a las alternancias luz-sombra-luz, “un código binario”, medidas en términos de frecuencia espacial- Y las células, del córtex serían analizadores de frecuencia que trabajan respondiendo selectivamente a determinada frecuencia. Los patrones visuales, los objetos, se “traducirían” así cómo un cierto patrón de alternancia.

Una experiencia fascinante por lo imaginativa viene del campo del sistema motor. N. Bernstein vistió a personas con trajes negros y las hizo moverse contra un fondo “negro, haciendo tarés tales cómo clavar clavos o saltar sobre colchones. En las zonas de articulación pintó puntos blancos y filmó. Los puntos moviéndose dibujaban ondas en el filme. Al realizar el análisis de frecuencia de estas ondas, halló que podía predecir con aproximación de milímetros, el curso de cada uno de los puntos blancos. Poder predecirla es también poder reconstruirla y repetirla, algo así como recordar.

Quizá la prueba decisiva viene de la fisiología de h neurona: el fenómeno ondulatorio fue revelado en la propia sinapsis por Sir John Eccles. Cuando el mensaje eléctrico pasa de una célula a otra, junto con el potencial sináptico se

forma un *frente de ondas*: la superficie formada uniendo los puntos adyacentes que poseen la misma fase en el curso de un movimiento ondulatorio.

Estamos inmersos en un orden ondulatorio con sus leyes y peculiaridades y su propio diccionario. Sin embargo, todo aparece ordenado y bastante más simple. Algo- ocurre para que esta transformación que hace aparecer ciertos patrones sea posible.

LA MISMA MATEMÁTICA

Un mismo tipo de análisis matemático fue utilizado desde Ohm hasta Bernstein: el análisis de Fourier una forma de cálculo que permite transformar patrones complejos en sus componentes de onda y dice que no más de 12 de estas bastan para describir un patrón complejo.

Así como en la- visión lo que juega es toda una configuración analizada en sus ondas componentes que son los estímulos reales, así también ocurre en el aprendizaje del movimiento: el movimiento puede ser rápidamente imitado si el cerebro hace una transformación de Fourier que identifica las ondas fundamentales de la configuración.

Y es el mismo principio matemático que lleva a Gabor a inventar el holograma! Pero éste ya no trabaja con complejos de ondas sino con *patrones de interferencia de ondas* —un hecho propio del fenómeno ondulatorio» que no tiene lugar en la teoría corpuscular—. Este patrón de interferencia ocurre cuando se intersectan frentes de ondas que vienen de diferentes direcciones. Algo como lo que ocurre en un estanque cuando se tiran dos piedras. En la intersección se dibuja- un patrón, es decir, la interferencia evidencia una regla. Y ese patrón es lo que el holograma registra en una película, en la que aparecen alternadamente superficies claras y oscuras. Es Otra vez el código binario.

Si hay frentes de ondas interfiriendo en el cerebro, el holograma serviría como modelo del funcionamiento cerebral. Lo que evitaría conjurar nuevos mecanismos, porque el holograma estaría presente siempre dada la naturaleza de frente de onda de las sinapsis. La patología brindaría una prueba complementaria: así como puede dañarse el cerebro sin perder la memoria,

también el holograma puede ser cortado sin perder su capacidad de procesar imágenes. Las similitudes se suman.

HOLOGRAMA

Recibe este nombre porque su carácter de globalidad es esencial. Fue descubierto por el inglés Denis Gabor en 1947, pero su realización sólo llegó por 1960, con la invención del láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), haz de luz coherente (cuyos rayos son todos de la misma longitud de onda y paralelos, estando todos en la misma fase, en cada plano de su recorrido).

Cuando dos haces de luz que vienen de diferentes direcciones, intersectan, en la zona de intersección se produce el fenómeno de interferencia, que es propio del orden ondulatorio: allí se dibuja una onda cuyos valores son la suma algebraica (o la media) de los de las ondas que llegan a cada punto. Si son dos crestas, se suman, si una cresta y un valle, dan un plano. Esa zona de intersección puede ser fotografiada. Utilizando luz común, la foto es una mancha gris, porque el haz luminoso es una mezcla de ondas que están en diferentes fases.

Algo muy diferente ocurre utilizando luz coherente. Cada haz se define entonces como frente de onda, que es la superficie formada por la unión de los puntos adyacentes que poseen la misma fase, y la interferencia dibuja un patrón característico en el que alternan zonas claras y oscuras. En la figura, el haz de láser se divide en el espejo semiplatedado (a). Una de las mitades se refleja, la otra sigue hasta el espejo (b) y de allí a la placa fotográfica (d), pasando por una lente difusora (c), constituyendo el "haz de referencia". El haz reflejado en (a) es el "haz señal" que se vuelve a reflejar (b') y pasa por una lente difusora (c) y luego ilumina el objeto (o) donde se refleja y sufre difracción. (Un caso particular de interferencia que se produce en la arista de un objeto opaco a la luz usada.) La arista actúa como fuente de ondas secundarias: la interferencia entre las ondas primarias y secundarias produce bandas de interferencia que se llaman bandas de difracción. Sobre la placa se produce entonces la interferencia de los haces, que ahora llegan con diferencia de fase, que es peculiar al objeto. En la fotografía no hay imagen del objeto

sino un código óptico, no registra intensidades de luz sino información sobre las características de los frentes de onda. A la vez, cada punto de la placa recibe luz de todos los puntos del objeto, por lo que contiene en forma codificada toda la información acerca del objeto.

La información del holograma puede ser recuperada. Iluminado con láser, se recrea el juego de interferencias porque el holograma actúa como reja de difracción. Se producen dos imágenes del objeto. Una es una imagen real, que puede ser fotografiada. Otra es virtual, visible en el lugar en que estaba el objeto. Aquí éste aparece en tres dimensiones y el observador puede desplazarse a su alrededor, ver sus lados ocultos como si fuera un objeto sólido. A la observación no se distingue del objeto original (pero sí al tacto); está viendo el objeto, sólo que en una versión agrisada.

Como cada fragmento del holograma contiene información de todo el objeto, el holograma puede fragmentarse sin perder por ello la posibilidad de reproducir la imagen completa. A partir de un fragmento se pierde calidad en la reproducción, pero no su globalidad.

Utilizando láseres de diferente longitud de onda, se pueden superponer sobre una placa varios hologramas y reproducirlos independientemente. Un desarrollo reciente del holograma han sido el cine holográfico y el holograma magnético grabado en cinta en lugar de la placa óptica.

CEREBRO HOLOGRÁFICO

El campo receptivo de una célula en el sistema visual no cubre más de 5° de ángulo visual y dentro de cada uno de estos retazos de 5° hay un holograma, se registra un patrón de frecuencias. De este modo la superficie cortical aparece como una trabazón de retazos y la imagen es compuesta, como la del ojo compuesto de un insecto que posee cientos de lentes.

Sin embargo no tenemos imágenes fragmentadas. Es que en cada retazo la actividad celular crea un solo frente de ondas y de lo que tenemos experiencia es de la interferencia de estos frentes, de la imagen unificada que surge del entretrejo de estos frentes.

El cerebro sería así un instrumento holográfico especial. Las células responderían a patrones de interferencia del aporte del sensorio, actuando como analizadores de frecuencia que revelan el patrón, de ondas componentes... del estímulo, *resonando* cada célula con ...un patrón particular. Si en el sistema visual se cumple tal análisis, la memoria visual, ya no necesita de engramas localizados para explicar cada memoria específica, sino que la memoria visual está compuesta por ondas y organizada como el holograma, el que sería activado como recuerdo cuando el adecuado con junto de ondas es: transmitido desde la retina. Los patrones de luz-sombra-luz de lo que vemos serían los disparadores de los hologramas allí presentes, algo como un fenómeno de *resonancia* con el patrón de interferencia i el conjunto de ondas codificadas en lo que vemos. En un proceso inverso, se activan ondas similares para-”recordar o ejecutar el movimiento. Esta resonancia implica una *identidad básica* y una concurrencia de la percepción y el recuerdo.

Ya no será sólo metáfora decir que en la comprensión, incluida en este modelo, se trata de “entrar en la onda” de lo que nos dicen, de hallar qué nos hace resonar, para entender de qué se trata.

MEMORIA SIN HUELLA

El holograma sería el modelo capaz de dar cuenta de esta complejidad. No trabaja con trazas mnésicas discretas sino con patrones de interferencia.

Lo elaborado por el sistema mnésico es una representación cifrada de los acontecimientos reales y no una imagen en el sentido fotográfico: entre realidad y representación psíquica, entre sujeto y realidad, está interpuesto un complejo codificador y una multiplicidad de transformaciones.

El alcance de la memoria es enorme y es a la vez simple, como ocurre con la percepción y el aprendizaje. Es que sólo se “almacenan” algunas señales o reglas (patrones de interferencia) y no montañas de detalles. A la vez, las correlaciones son muy rápidas, ya que la manera más rápida de analizar datos es transformarlos según el análisis: de Fourier y hacer correlaciones cruzadas, como las que hace, la computadora. No se pensarían las cosas según un escalón por vez, sino que se toma una constelación de una situación y se la correlaciona —y se hacen muchas correlaciones a un tiempo— y dé allí emerge la respuesta, que puede ser un gesto, un recuerdo, una opinión.

El holograma explicaría también, cómo podemos tomar tanta información del ambiente pero atender conscientemente muy poco de él: a la manera del holograma,- los aspectos críticos de la situación son aislados momento a momento y con ellos es que trabajamos. En este caso, dice Pribram no es adecuado hablar de “procesamiento de información” en el sentido de la computación.

Esto sugiere secciones, acontecimientos alternativos, en tanto que hablar de procesamiento de hologramas implica un mecanismo más holístico.

Heinz von Foerster propone una “memoria sin registro” que es una tentativa para superar la distinción entre memoria y percepción y el insoluble “paralelismo psico-físico” que implica. La memoria sería un tipo- de operación realizado por los mismos circuitos que aseguran la percepción y la categorización. Tanto ver como recordar algo, significan “bombear” en el sistema visual todo lo que es este algo. Percepción y memoria se unifican y la diferencia entre una y otra radicaría en el *tipo de operación* realizada.

Mientras para Pribram la memoria se produce por una cierta resonancia, en la que percepción y memoria se aparean, Piatelli - Palmarini señala a la *imaginación* como lo que ilumina el holograma, como lo hace el láser, para obtener su reproducción. El resultado es un *espacio imaginativo* en el que se da una *trayectoria*: el recuerdo consiste en un recorrido, una exploración de un espacio habitado. Pero entonces *imaginación, recuerdo y percepción se encuentran como caras de un mismo proceso*, la recuperación del recuerdo es también una forma de percepción. Ahora una teoría de la memoria aparece como inseparable de una teoría general del conocimiento.

El holograma conserva y permite recuperar la organización original pero, a diferencia de la imagen, esta organización está codificada y distribuida de modo uniforme por todo el holograma.

El contenido del holograma no está ligado sólo por contigüidad, sino que está superpuesto, constituye una *convolución* (lo que es arrollado junto, de modo que una parte cubre la otra). Esto explicaría los procesos de *condensación* y de evocación global, de constitución de esa representación del espacio imaginativo en el que ocurre el recuerdo. Como el todo está siempre representado en cada parte, la memoria holográfica tiene también la notable

propiedad *metonímica* de la memoria humana.

Con la introducción de una dimensión temporal —el cine holográfico— y una dinámica, se obtiene una aproximación mejor al funcionamiento de la memoria; Se trata sólo de una analogía, pero su poder heurístico es mayor que el de otras analogías manejadas hasta ahora y las evidencias lo postulan como un modelo plausible.

LOS DOS ÓRDENES

La hipótesis del holograma supondría un isomorfismo entre cerebro y mundo: ambos están hechos o trabajan con patrones de onda.

Sin embargo, vemos objetos, cosas, fin, corpúsculos, y no es válido descartar lo que vemos como mera apariencia que encubre una “realidad” subyacente. Pribram afirma la necesidad de hablar de diferentes *órdenes de realidad*, que serían maneras de considerar el universo. Un orden es el de las ondas, cuyos patrones de organización revela el holograma, y que constituyen, siguiendo a Bohm, físico teórico de la Universidad de Londres, el “orden implicado”. En tanto que para una aproximación que “objetiva” el universo, habría que hablar de un “orden explicado”. Entre uno y otro están interpuestos sistemas de lentes (microscopio, ojo, telescopio, sentidos en general) y éstos son los que objetivan.

Pero en el cerebro y en el holograma, el “orden implicado” se descubre. En este orden espacio y tiempo parecen invalidados. Allí, dice Pribram, “en un sentido todo sucede a la vez, sincrónicamente. Podemos leer esto que sucede a lo largo de varias coordenadas y las de espacio y tiempo son las más útiles para hacernos presente el dominio común de lo que aparece.

El salto al “orden implicado” lo haríamos continuamente. Al hablar por ejemplo. Lo que vamos diciendo no lo tenemos organizado previamente en tiempo o espacio, como en una organización monádica, todo presente a la vez, sino que está *holográficamente organizado* y “leemos” este holograma al decir.

Los patrones de onda de lo que dice este dominio del “orden implicado” hacen resonar la concepción freudiana del inconciente. ¿Hasta dónde llega su eco?

Para uno de nosotros, “el holograma es un modelo que posibilita pensar la interacción de la percepción-conciencia, el lenguaje y la memoria. El Verbo y la Conciencia son inseparables. Los sujetos comparten el mundo al hablar en una misma lengua. La memoria está anclada en el significante.”

Para otro el holograma “se alinea en el movimiento globalizador y de síntesis del pensamiento contemporáneo con las líneas que postulan la del ser-en-el-mundo (del sujeto encarnado y hablante en una situación que es, sobre todo intersubjetividad y ser-con-otro-entre otros), pensamiento que en el campo del psicoanálisis tiene expresión en las direcciones que colocan a la fantasía (otro concepto integrador) en el centro de ese ser y que es el modo de darse esa unitariedad”.

Entusiasmos que un tercero de nosotros modera (no podría ser de otra manera, estructuralmente hablando), aportando una gota de sano escepticismo: “no creo que por el momento se puedan sacar conclusiones o hacer trasposiciones de lo psíquico a lo biológico, pero sí que nuestro pensamiento pueda enriquecerse frente a un registro mnémico que ha tomado como modelo, hasta ahora, a la fotografía plana. Que además de su ingenuidad, es también un modelo analógico. Parece mucho más acorde para la comprensión de los fenómenos perceptivo, ilusorio, onírico o alucinatorio y como modelo del almacenamiento del registro, este que comentamos.”

J. L. Bmm; G. Koolhaas; S. Pactuk