

Hans Contreras Pulache  
Palmer Hernández Yépez  
Karina Chicoma Flores

# LA NEUROCIENCIA DEL FUTURO



### **Hans Contreras Pulache**

Lidera el Centro de Documentación e Investigación Pedro Ortiz Cabanillas en el Perú. Estudia filosofía, es profesor investigador, y cultiva un proyecto autobiográfico.

### **Palmer Hernández Yépez**

Médico investigador titulado por la Universidad Privada Norbert Wiener. Egresado de la maestría de Gerencia de Servicios de Salud por la Universidad San Martín de Porres. Ha realizado investigación en línea de neurociencias, recursos humanos en salud y gestión en salud.

### **Karina Chicoma Flores**

Educadora. Magister en Psicología Educativa con más de 12 años de experiencia en el campo educativo. Trabaja como evaluadora para Cambridge English y Bachillerato Internacional. Ha sido mentora voluntaria del programa Perú Champs. Ha realizado investigación en la línea de neurociencias y salud. Actualmente labora para Santillana Perú como Consultora Académica de sistemas educativos.

## LA NEUROCIENCIA DEL FUTURO

Hans Contreras Pulache / Palmer Hernández  
Yépez / Karina Chicoma Flores

LA NEUROCIENCIA  
DEL FUTURO

Universidad de Ciencias y Humanidades  
Fondo Editorial

© LA NEUROCIENCIA DEL FUTURO

*Hans Lenin Contreras-Pulache /*

*Palmer José Hernández-Yépez /*

*Karina Jasmin Chicoma-Flores*

© Asociación Civil Universidad de  
Ciencias y Humanidades, Fondo Editorial  
Av. Universitaria 5175 - Los Olivos, Lima - Perú  
Teléf.: 528-0948 - Anexo 1249  
fondoeditorial@uch.edu.pe

Primera edición digital (PDF): Lima, mayo de 2024

Diagramación: Socorro Gamboa García

Corrección: Luigi Aguilar Quintana

Diseño de portada: Isabel Carla Patricia Polo Gaona

Arte de la portada: imagen pública generada por IA

Disponible en:

<https://repositorio.uch.edu.pe>

ISBN: 978-612-4109-72-0

Hecho el depósito legal en la Biblioteca

Nacional del Perú N.º 2024-04751

Proyecto de Registro Editorial: 31501170800513

## UNAS PALABRAS

El siguiente libro apareció originalmente en 2020 como artículo en inglés publicado en la revista *Neurobiología* con el título: “The neuroscience of the future. What do we want?”. En esta edición se presenta no solo la versión en español de dicha publicación, sino que se expone también una adenda con la actualización de la evidencia publicada desde entonces.

La presente versión en español brindará al lector la facilidad para seguir el curso de las ideas sociobiológicas informacionales, además de adentrarse en el mundo de la neurociencia y del futuro posible de esta.

Nuestras preguntas son:

¿qué neurociencia queremos?

¿qué neurociencia deseamos?

¿qué neurociencia aspiramos?

¿qué neurociencia exigimos?

Los autores



## CONTENIDO

Introducción	11
Los <i>unsolved problems</i> de la neurociencia	13
La neurociencia del futuro	21
La neurociencia informacional	25
Conclusiones	31
Referencias bibliográficas	35
Adenda 2024	39





## INTRODUCCIÓN

Se denominará “neurociencia del futuro” al escenario y contexto de desarrollo de la neurociencia en los próximos treinta años (2020-2050), cuando menos.

Para imaginar este contexto, primero debemos reconocer el desarrollo de la neurociencia a lo largo del tiempo. El origen de la neurociencia como disciplina se remonta a la década de 1960<sup>1</sup>. Después de medio siglo alcanzó una posición hegemónica en el mundo académico y en la cultura. Hoy en día, nadie cuestiona la importancia o trascendencia de la neurociencia. Al mismo tiempo, dado que esta disciplina está atravesando un proceso de desarrollo, también es urgente prever su futuro. En este sentido, podríamos desarrollar escenarios basados en los futuros logros de la neurociencia. No nos parece mal realizar este ejercicio, aun cuando veamos en él un claro ejercicio positivista amparado en una falaz noción de «progreso». Obviamente, el desarrollo de una disciplina incluye una serie de logros; pero, del mismo modo, existen también los límites propios de la disciplina. En resumen, enunciar positivamente todos los logros futuros de la neurociencia no minimiza el hecho de establecer sus propios límites.

En este documento se procederá de la siguiente manera:

- Primero, elaborar un recuento de los llamados *unsolved problems* de la neurociencia. Para lo mencionado, se revisarán los antecedentes y se explicará cómo distintos autores

han planteado los límites de la neurociencia en el presente y de cara al futuro.

- Luego, se procederá a esbozar a la “neurociencia del futuro” resaltando la presencia de los *unsolved problems* como parte inherente de dicho desarrollo futuro.
- Se proseguirá con la elaboración de un compendio del itinerario de ideas de la Teoría Sociobiológica Informativa de Pedro Ortiz Cabanillas (1933-2011) como propuesta alternativa (lo que podría llamarse, sin eufemismos: una neurociencia sociobiológica informativa).
- Finalmente, se esbozará, para la neurociencia del futuro, la neurociencia que deseamos.

## LOS *UNSOLVED PROBLEMS* DE LA NEUROCIENCIA

El libro *23 problems in Systems Neuroscience* se publicó en 2006. En el desarrollo de sus ideas, propone que los problemas de la neurociencia orbitan sobre cómo explicar la estructura y la actividad del sistema nervioso humano (se formulan las preguntas: ¿cómo se estructura el encéfalo?; ¿cómo se organiza la corteza cerebral?; y ¿cómo interactúan las neuronas?). Adicionalmente, los autores consideran que el sistema nervioso es un sistema que procesa información (una suposición que obliga a pensar a la *información* en línea con los planteamientos clásicos de la teoría de la información de Shannon: un mensaje que se transmite y se procesa). En este sentido, una pregunta de la neurociencia aún no del todo clarificada es: ¿cómo se procesa la información en el encéfalo? Finalmente, agregan una pregunta: ¿cómo están organizados los sistemas cognitivos? Sin embargo, frente a esta pregunta surge otra interrogante que los autores pasan por alto: ¿cómo se relaciona el sistema nervioso con los sistemas cognitivos?<sup>2</sup>. En el cierre de este libro hay un artículo, a modo de epílogo, de Christof Koch y Francis Crick (para el momento de la publicación, dos de los más renombrados personajes de la neurociencia), titulado: “¿Cuáles son las correlaciones neuronales de la consciencia?”. Aquí, a modo de síntesis de todos los “problemas” (entiéndase como problema a toda pregunta sin respuesta: *unsolved problem*), los autores resaltan la ausencia actual de una teoría explicativa global, no única, pero sí suficiente en su capacidad explicativa (en síntesis: una teoría que se atreva a responder *todas* las preguntas). Sugieren que esta

explicación (aún pendiente, lo que Koch y Crick hacen llamar el “problema mayor” y que pasa por informar sobre el fenómeno de la consciencia) podría venir desde la teoría de la información, más específicamente desde un replanteamiento original dentro de la teoría de la información<sup>3</sup>.

“10 Unsolved Mysteries of the Brain”, de David Eagleman (2007), es probablemente el primer artículo de divulgación que popularizó el tema de lo “no resuelto” (*unsolved*) en neurociencia. Posterior a esta publicación, apareció en Wikipedia por primera vez (2008) la categoría de búsqueda “*unsolved problems of neuroscience*”. Para Eagleman, los misterios que no se pueden resolver sobre el encéfalo (no de la neurociencia como tal, aunque se sobrentiende que la disciplina encargada de la comprensión del encéfalo es la neurociencia) son: i. ¿Cómo la información es codificada en la actividad neural?; ii. ¿Cómo las memorias están almacenadas y recuperadas?; iii. ¿Qué representa la actividad basal en el *brain*?; iv. ¿Cómo los *brains* simulan el futuro?; v. ¿Qué son las emociones?; vi. ¿Qué es la inteligencia?; vii. ¿Cómo el tiempo está representado en el *brain*?; viii. ¿Por qué los *brains* duermen y sueñan?; ix. ¿Cómo los sistemas especializados en el *brain* se integran entre ellos?; y x. ¿Qué es la consciencia? Lo que resalta respecto a estas preguntas sin resolver es que o están aplicadas a la estructura del sistema nervioso (i, iii, ix); o están aplicadas a la actividad del sistema nervioso (ii, iv, vii, viii); o, finalmente, y al igual que en la referencia previa, hacen mención a atributos que no son del sistema nervioso (v, vi, x). Por otra parte, es factible percibir que los autores caen en lo que se ha dado en llamar “falacia mereológica”.<sup>4</sup> Por eso, Eagleman plantea que es el *brain* quien simula el futuro, quien representa el tiempo, quien duerme y quien despierta. Por otra parte, no parece claro a qué se refiere el autor cuando hace referencia al *brain*, en algunas partes pareciera que se refiere al encéfalo, en otras partes al cerebro (corteza cerebral). Más allá de estas disquisiciones, resalta el valor programático de la propuesta de Eagleman, ya que desde entonces el tema de los *unsolved questions* no ha hecho sino florecer hasta el punto de posicionarse en el centro

de la agenda de la neurociencia contemporánea, como veremos en lo que sigue.

“Seven Challenges for Neuroscience”, de Henry Markram (2013), director del *Human Brain Project*, propone la discusión no a nivel de preguntas sin respuesta o de misterios sin resolver, sino en términos de retos. Se trata de un artículo de conferencia, a propósito del lanzamiento del *Human Brain Project*, en donde Markram propone a modo de “hoja de ruta” los siguientes retos de la neurociencia: i. La neurociencia debe tornarse *big science*; ii. Necesitamos crear conjuntos de datos interrelacionados que brinden una imagen completa de áreas individuales del cerebro en sus diferentes niveles de organización con «escalones» que vinculen las descripciones para humanos y otras especies; iii. Necesitamos desarrollar herramientas eficientes y predictivas que permitan incrementar drásticamente la información de los experimentos costosos; iv. Necesitamos desarrollar un nuevo *hardware* y *software* suficientemente potente para simular el *brain*; v. Necesitamos desarrollar nuevos modos de clasificación y simulación de las enfermedades en el *brain* que lleven a un mejor diagnóstico y al descubrimiento de drogas más efectivas; vi. Tenemos que explotar nuestro conocimiento y construir nuevas tecnologías inspiradas en el encéfalo con enormes beneficios potenciales para la industria y la sociedad; y vii. Debemos desarrollar metas para nosotros mismos, tal que el público pueda reconocerlas y compartirlas<sup>5</sup>. Dentro de estos retos, se identifica claramente que, a excepción del segundo (ii), todo el resto se puede conceptualizar como problemas metodológicos (necesidad de innovación técnica). El segundo reto estaría aplicado a una pregunta no resuelta de la neurociencia, y esta pregunta orbitaría sobre la explicación de la estructura (y eventualmente de la actividad) del sistema nervioso. Por otra parte, el aporte del autor radica en haber puesto en evidencia que la neurociencia se encuentra en una transición, de ser una ciencia de los *small data* está pasando a convertirse a una ciencia de los *big data*.

“The Unsolved Problems of Neuroscience”, de Ralph Adolphs (2015), es el primer documento que posicionó, en un entorno académico, el término “*unsolved problems*” (que originalmente apareció, como hemos mencionado, en Wikipedia). Según Adolphs se pueden agrupar los *unsolved problems* del siguiente modo: “problemas que están resueltos o que se resolverán pronto”, “problemas que deberíamos resolver en los próximos 50 años”, “problemas que deberíamos resolver, pero no se sabe cuándo”; y “problemas que tal vez nunca resolveremos”. Un mérito de este autor radica en plantear la cuestión desde una perspectiva que le permite diferenciar *unsolved problems* que eventualmente serán resueltos (los que dependen del desarrollo tecnológico esencialmente) y *unsolved problems* que no serán resueltos (siendo categórico e imperativo en su definición conceptual: existen, para este autor, *unsolved problems* que no resolveremos “nunca”)<sup>6</sup>. Otra vez, cuando es momento de detallar estos problemas irresolubles (i. ¿Cómo computa el *brain* humano?; ii. ¿Cómo puede ser la cognición tan flexible y generativa?; y iii. ¿Cómo es que emerge la experiencia consciente?) se denota que hacen referencia a la actividad y estructura del encéfalo (i, de corte neurológico), a un proceso “paralelo” al cerebro: la cognición (ii, de corte psicológico), y en particular: cómo de i se pasa a ii.

“Top Mysteries of the Mind”, de Ravinder Jerath y Connor Beveridge (2018), proponen cinco misterios, en forma de preguntas, que no se pueden responder a propósito de la mente (su interés no es propiamente el cerebro como tal, sino la mente en sí misma: la mente como fenómeno “subjetivo” en contraposición al mundo externo como fenómeno “físico”). La mente, para estos autores, es la experiencia unificada de las sensaciones, la experiencia subjetiva. Sus *unsolved questions* (o en sus términos: sus *mysteries*) son: i. ¿Cuál es la relación entre la experiencia subjetiva y el mundo físico?; ii. ¿Cómo procesamos tan rápido e interpretamos el mundo externo?; iii. ¿Cómo se unifican todas nuestras sensaciones en una sola experiencia?; iv. ¿Por qué dormimos?; y v. ¿Cómo y por cuáles mecanismos pueden regularse las emociones?<sup>7</sup>

Finalmente, el 2014, el fondo editorial de Princeton University publicó el libro *The Future of the Brain*, editado por Gary Marcus y Jeremy Freeman. En este libro se detallan diversas opiniones de científicos renombrados a propósito de la evolución que le espera al sistema nervioso y a la neurociencia como ciencia en desarrollo. El artículo que cierra el libro, el cual se titula: “Neuroscience in 2064” por Christof Koch y Gary Marcus (2014), es significativo para el propósito del presente informe. Concluiremos este artículo con esta última referencia (aun cuando no sea la última en términos cronológicos) ya que se trata de uno de los pocos ensayos escritos a propósito de imaginar la neurociencia del futuro que establece como meta identificar, no actualmente sino dentro de 50 años, los *unsolved problems* de la neurociencia. Para esta finalidad, los autores elaboraron un argumento según el cual pudieron, en parte basados en la ciencia, literatura y filosofía, imaginarse el escenario de la neurociencia dentro de 50 años (específicamente el 2064). Para empezar, proponen un desarrollo cronológico de la neurociencia; consideran, por ejemplo, que desde la década de los 60 hasta el 2014 la neurociencia había vivido una “era romántica”; entre el 2014 y 2064, la neurociencia vive la era de la “big science”; y finalmente, para el 2064, la neurociencia está iniciando su “era moderna”. En este recuento, pasan revisión de los logros de la neurociencia a lo largo de su segundo momento (esencialmente ligados al beneficio que brinda el desarrollo tecnológico: la *big science* y la confluencia de todas las tecnologías exponenciales: inteligencia artificial, robótica, biofarmacología, *machine learning*, entre otras). Finalmente, proponen que en el año 2064 el problema, en tanto pregunta no resuelta (*unsolved problem*), de la neurociencia será: ¿Cómo el *brain* establece las funciones mentales, la cognición y la consciencia?<sup>8</sup>

En síntesis, los autores que hemos reseñado (ver tabla 1), cada vez que se han planteado los problemas de la neurociencia, han identificado, de modo general, dos tipos de problemas: por un lado, los asociados al desarrollo tecnológico (que se han reconocido como eventualmente resolubles); y, por otro lado, los asociados a



preguntas de investigación sin respuesta (*unsolved problems*). Como se ha visto, no hay consenso sobre cuáles son los *unsolved problems* de la neurociencia. Sin embargo, todos los autores están de acuerdo al reconocer que estos «*unsolved problems*» existen. Se explicará, de forma más amplia, a este fenómeno en el siguiente apartado.

*Tabla 1. Los unsolved problems de la neurociencia*

Autor	<i>Unsolved problem</i>	
van Hemmen L. Sejnowski T. 2006	i.	¿Cómo el <i>brain</i> está estructurado?
	ii.	¿Cómo la corteza cerebral está organizada?
	iii.	¿Cómo las neuronas interactúan?
	iv.	¿Cómo la información es procesada en el <i>brain</i> ?
	v.	¿Cómo los sistemas cognitivos están organizados?
Eagleman D. 2007	i.	¿Cómo la información es codificada en la actividad neural?
	ii.	¿Cómo las memorias están almacenadas y recuperadas?
	iii.	¿Qué representa la actividad basal en el <i>brain</i> ?
	iv.	¿Cómo los <i>brains</i> simulan el futuro?
	v.	¿Qué son las emociones?
	vi.	¿Qué es la inteligencia?
	vii.	¿Cómo el tiempo está representado en el <i>brain</i> ?
	viii.	¿Por qué los <i>brains</i> duermen y sueñan?
	ix.	¿Cómo los sistemas especializados en el <i>brain</i> se integran entre ellos?
	x.	¿Qué es la consciencia?
	i.	La neurociencia debe tornarse <i>big science</i> .
	ii.	Necesitamos crear conjuntos de datos interrelacionados que brinden una imagen completa de áreas individuales del cerebro en sus diferentes niveles de organización con “escalones” que vinculen las descripciones para humanos y otras especies.

Markram H. 2013	iii.	Necesitamos desarrollar herramientas eficientes y predictivas que permitan incrementar drásticamente la información de los experimentos costosos.
	iv.	Necesitamos desarrollar un nuevo <i>hardware</i> y <i>software</i> suficientemente potente para simular el <i>brain</i> .
	v.	Necesitamos desarrollar nuevos modos de clasificación y simulación de las enfermedades en el <i>brain</i> que lleven a un mejor diagnóstico y al descubrimiento de drogas más efectivas.
	vi.	Tenemos que explotar nuestro conocimiento y construir nuevas tecnologías inspiradas en el encéfalo con enormes beneficios potenciales para la industria y la sociedad.
	vii.	Debemos desarrollar metas para nosotros mismos, tal que el público pueda reconocerlas y compartirlas.
Problemas que están resueltos o que se resolverán pronto		
	i.	¿Cómo computan las neuronas individuales?
	ii.	¿Cuál es el conectoma de un sistema nervioso pequeño, como el de <i>Caenorhabditis elegans</i> (300 neuronas)?
	iii.	¿Cómo podemos obtener imágenes de un <i>brain</i> vivo de 100 000 neuronas con una resolución celular y de milisegundos?
	iv.	¿Cómo funciona la transducción sensorial?
Problemas que deberíamos resolver en los próximos 50 años		
Adolphs R. 2015	i.	¿Cómo computan los circuitos de neuronas?
	ii.	¿Cuál es el conectoma completo del <i>brain</i> de un ratón (70 000 000 neuronas)?
	iii.	¿Cómo podemos obtener imágenes de un <i>brain</i> vivo de un ratón con una resolución celular y de milisegundos?
	iv.	¿Cuáles son las causas de las enfermedades psiquiátricas y neurológicas?
	v.	¿Cómo funcionan el aprendizaje y la memoria?
	vi.	¿Por qué dormimos y soñamos?
	vii.	¿Cómo realizamos decisiones?
	viii.	¿Cómo el <i>brain</i> representa ideas abstractas?

Problemas que deberíamos resolver, pero no se sabe cuándo		
	i.	¿Cómo computa el <i>brain</i> de un ratón?
	ii.	¿Cuál es el conectoma completo del <i>brain</i> humano (80 000 000 000 neuronas)?
	iii.	¿Cómo podemos obtener imágenes de un <i>brain</i> vivo humano con una resolución celular y de milisegundos?
	iv.	
	v.	¿Cómo podemos curar las enfermedades psiquiátricas y neurológicas?
	vi.	¿Cómo conseguir que el <i>brain</i> de todos funcione mejor?
Problemas que tal vez nunca resolveremos		
	i.	¿Cómo computa el <i>brain</i> humano?
	ii.	¿Cómo puede ser la cognición tan flexible y generativa?
	iii.	¿Cómo es que emerge la experiencia consciente?
Jerath R. Beveridge C. 2018	i.	¿Cuál es la relación entre la experiencia subjetiva y el mundo físico?
	ii.	¿Cómo procesamos tan rápido e interpretamos el mundo externo?
	iii.	¿Cómo se unifican todas nuestras sensaciones en una sola experiencia?
	iv.	¿Por qué dormimos?
	v.	¿Cómo y por cuáles mecanismos pueden regularse las emociones?
<i>Unsolved problem</i> en 2064		
Koch C. Marcus G. 2014	i.	¿Cómo el <i>brain</i> establece las funciones mentales, la cognición y la consciencia?

## LA NEUROCIENCIA DEL FUTURO

La última década del siglo pasado figurará en la historia universal como el momento en el cual la neurociencia tomó posesión de la agenda de investigación mundial (no en vano se proclamó, en el país que se jacta de ser la mayor potencia mundial: la “*decade of the brain*”). No sorprende así que haya quien proponga la existencia de una “neurocultura” en el mundo contemporáneo<sup>9</sup>. En sus orígenes, la neurociencia buscaba comprender el sistema nervioso. Esta necesidad de comprensión alumbró la orientación de los planes de investigación de la neurociencia temprana (lo que Koch y Crick llaman: la “era romántica” de la neurociencia) (ver referencia 3). Sin embargo, ya para la segunda década del presente siglo, la neurociencia ha sabido organizarse en torno a dos ejes, cada uno asentado en sendos proyectos de investigación y desarrollo<sup>10</sup>. Por un lado, tal como se muestra en la figura 1, el “Human Brain Project”, asentado en la Unión Europea, tiene como marco el desarrollo de tecnologías digitales y promueve la simulación (entiéndase: simular no es emular) del sistema nervioso en actividad<sup>11</sup>. Por otro lado, la “BRAIN Initiative”, asentada en Estados Unidos, sobre la base del desarrollo tecnológico de imágenes, busca la representación del sistema nervioso, aspirando a tener imágenes con una resolución en tiempo real y a nivel microscópico del sistema nervioso en actividad<sup>12</sup>.

*Figura 1. Neurociencia en los siglos XX y XXI y la neurociencia del futuro*



La vigencia de estos proyectos de desarrollo de la neurociencia del siglo XXI es de una década; es decir, para la década del 2020-2030 deberán refundarse los proyectos antes mencionados, sin descartar que en los nuevos órdenes sociopolíticos globales tengan presencia países hasta ahora relegados, pero claramente emergentes (China, India, entre otros). De esta manera, en este nuevo marco parece que los dos ejes dibujados en el curso de la segunda década del siglo XXI se mantendrán (aun cuando varíen sus actores), siendo esta una de las características de la “neurociencia del futuro”. Aquí, en la neurociencia del futuro, los neurocientíficos se enfrentarán a una serie de problemas que, a la luz de lo planteado en el acápite anterior, podemos diferenciar en problemas o preguntas con respuesta (de aquí devendrá el florecimiento de la neurociencia en este tiempo futuro), y problemas o preguntas sin respuesta (*unsolved question*).

No creemos que estemos menoscabando la grandeza del futuro de una disciplina al destacar tanto sus logros potenciales como sus retos o deficiencias. Más cuando estos problemas son ya reconocidos en el mundo académico y popular (Wikipedia). Podría ser que no exista consenso al momento de definir cuáles son los *unsolved*

*problems* de la neurociencia, pero sobre lo que sí parece haber, por lo menos relativo consenso, es en reconocer que existen *unsolved problems*, más allá de cuáles sean (ya sea uno o varios). Creemos que resulta más honesto y transparente al momento de imaginar el futuro de una disciplina tener presente los límites propios de dicha disciplina. Por ello: más que centrarnos en los logros de la neurociencia, trabajo que viene siendo realizado bastante bien por la literatura, a veces sensacionalista, de divulgación científica; queremos centrar la discusión en torno a los *unsolved problems*, pues de ellos resultan finalmente no solo los escollos de una ciencia futura, sino que ponen en evidencia una actitud contemporánea bastante crítica<sup>13, 14</sup>. Esta neurociencia del futuro, con sus logros y sus *unsolved problems*, ¿es la neurociencia que queremos?

¿Cómo, a sabiendas de la existencia de *unsolved problems*, se sigue insistiendo en una disciplina que se reconoce como insuficiente (epistémicamente) desde un inicio? Parece que respecto a esta cuestión la neurociencia moderna prefiere no hacer nada o fingir que nunca se ha planteado la pregunta. Pareciera que la actitud contemporánea, una vez reconocidos los *unsolved problems* de la neurociencia, fuera la de seguir avanzado sin más amparo que un acto de fe (que resuelva eventualmente lo *unsolved*) siempre confiando que los logros valen la pena suficiente. Es como si la renuncia fuera el derrotero propio de la neurociencia actual, la resignación de poseer, de saberse una ciencia *incompleta*. Quizá esto explique por qué en un inicio la neurociencia pretendía comprender el sistema nervioso humano y en la actualidad lo que pretende más que una comprensión es una simulación. Es obvio que decir simular el sistema nervioso no es lo mismo que emular, para emular habría que comprender todos los procesos propios del sistema nervioso para replicarlos, la simulación lo que busca ya no es esta comprensión, sino una aproximación general que se parezca (en respuesta) a lo que haría el sistema nervioso en una situación hipotética. No deja de rezumar cierto paradigma conductista en la pretensión última de la inteligencia artificial, por ejemplo. ¿O, tal

vez, la neurociencia está volviendo a sus orígenes en la cibernética? Reconocer lo «no resuelto» como tema imposible, ¿es el primer paso para el fin de la neurociencia como ciencia moderna?

¿Por qué la neurociencia se resigna a no tener una explicación cabal (tal como reconocen Koch y Crick) y simplemente acepta los *unsolved problems*? ¿Por qué se conforma rápidamente con reconocer que una teoría es necesaria pero que no elabora o desarrolla dicha teoría como su prioridad fundamental? Además, ¿es cierto que dicha teoría, que podría proceder de la teoría de la información, no ha sido elaborada aún? ¿Qué pasaría si nos convenciéramos de que esa teoría por lo menos ya ha sido formulada? La neurociencia no parece contemplar esa posibilidad. Y se resigna sin más a ser el centro de críticas mortales: como por ejemplo que carece del sustrato filosófico necesario, o que los neurocientíficos no han leído o han leído mal a los filósofos, o que, a decir de un filósofo moderno: “[los neurocientíficos] son incapaces de demostrar el estatus de su propia teoría”, por lo tanto, la neurociencia no está preparada para responder a “preguntas imposibles”<sup>15, 16</sup>. En síntesis: ¿estamos dispuestos a convivir con una explicación que desde ya se anuncia como *incompleta*? ¿Es esta la neurociencia que deseamos?

## LA NEUROCIENCIA INFORMACIONAL

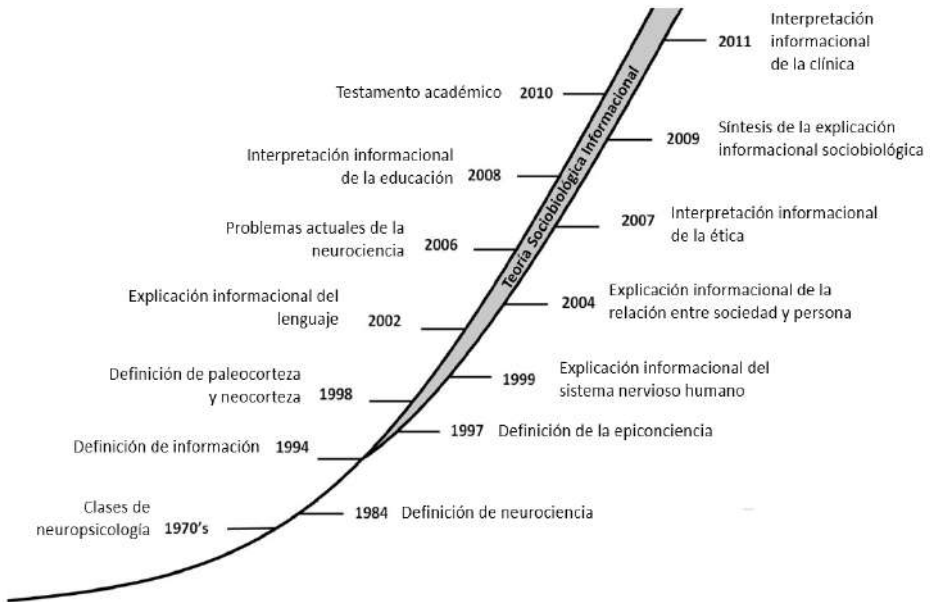
Se empleará como referencia el trabajo de Pedro Ortiz Cabanillas (1933-2011), quien sugiere que no es que la neurociencia tenga problemas resueltos, problemas que resolverá y problemas que no resolverá; sino que la neurociencia misma es el problema<sup>17</sup>. Para Ortiz, los *unsolved problems* de la neurociencia no son las preguntas que los neurocientíficos se hacen y que no pueden responderse, sino todo lo contrario: las preguntas que los neurocientíficos no se están haciendo, porque no quieren (les resulta más fácil ignorar los *unsolved problems* y seguir encandilados en una apuesta empecinada por los logros de su disciplina) o porque no es suficiente para ellos imaginarse y pensar los hechos y fenómenos de un modo distinto. Ortiz Cabanillas propone que los problemas esenciales de la neurociencia son: i. Estar atascado en el dualismo cuerpo-alma (o en el dualismo cerebro-mente); ii. No diferenciar entre psiquismo animal y psiquismo humano (estar convencida que el ser humano es un animal); iii. No reconocer la condición histórica de una persona; iv. No diferenciar entre interacción social y sociedad (y, por lo mismo, hablar de sociedad de animales, por ejemplo); v. No haber definido qué es la consciencia; vi. Estar atrasada en la noción psicoanalítica del inconsciente (según la cual el inconsciente es aquello de lo que no nos damos cuenta); y, por último, vii. No estar a la altura de dar cuenta de la condición moral del ser humano. Expuestos así los argumentos, pareciera que la neurociencia ha quedado otra vez reducida a un cuerpo teórico falible<sup>18, 19, 20, 21</sup>. Este ejercicio, ha sido ya realizado ampliamente: poner en evidencia los límites de la neurociencia es ya



casi un ejercicio académico ordinario. ¿En dónde radica la diferencia de la propuesta de Ortiz Cabanillas con lo planteado por todos los otros autores? Podría decirse que Ortiz no es el primero en asentar un ataque mortal a la neurociencia. Uno que nos obliga a pasar la página de los *unsolved problems* y replantearnos desde cero la necesidad de fundar una nueva neurociencia radicalmente distinta de la actual, la cual está estancada en lo *unsolved*. Hasta donde sabemos, Ortiz es el primero que revisa y plantea una propuesta alternativa radicalmente diferente a la neurociencia contemporánea<sup>22, 23</sup>. Ortiz empieza planteando su trabajo a mediados de la década de los 70. Para 1984 argumenta a favor de la necesidad de “ir muy atrás en el tiempo” hasta la misma definición del universo<sup>24</sup>. Propone, además, una definición de neurociencia; definición que, por otra parte, permanece tal cual incluso en el último de sus textos académicos: “El punto de vista social de las neurociencias” (2011). La neurociencia es la integración de la neuroquímica, neurohistología, neuroanatomía y neurofisiología. Su teoría finalmente la propuso en 1994 y desde esa fecha hasta su fallecimiento se dedicó a desarrollar su propuesta teórica, llamada Teoría Sociobiológica Informacional, con el propósito de fundar una nueva neurociencia, tanto como a reinterpretar fenómenos tan universales como el lenguaje, la sociedad y, entre otros, las tecnologías sociales (que para Ortiz son la educación, la medicina y la ética)<sup>25, 26</sup>. Para resumir este desarrollo teórico, se muestra la figura 2.

No es este el lugar para contrastar la neurociencia informacional (de Pedro Ortiz Cabanillas) y la neurociencia tradicional (estancada en problemas sin resolver), bastará con precisar lo siguiente: la teoría de Pedro Ortiz Cabanillas es una elaboración conceptual dentro de la teoría de la información, concretamente Ortiz reelabora la definición de información (en una perspectiva cualitativa, no en la clásica perspectiva matemática y cuantitativa desarrollada por Norbert Wiener y Claude Shannon en los años 40) y difunde un método diferente para trabajar en teoría de la información. Para Ortiz, la información es una propiedad de la materia que permite organizar

Figura 2. Evolución de las ideas de Pedro Ortiz Cabanillas (años 1970-2011)



distintos niveles de complejidad creciente (producto de los cuales se establecen variados sistemas biológicos). Si Koch y Crick hubieran conocido este hecho en 2004 (en el momento en que Ortiz llevaba casi 30 años desarrollando la dimensionalidad de su teoría), probablemente otros habrían sido los antecedentes descritos en este documento. Lo fáctico es que Koch y Crick no conocían la obra de Pedro Ortiz, por lo que, a lo mucho, alcanzaron a augurar la potencialidad generatriz de la teoría de la información y a resignarse a una neurociencia condenada a vivir con *unsolved problems* como una sombra *ad infinitum*.

Así pues, limitarse a afirmar que Pedro Ortiz Cabanillas desarrolló su propia Teoría Sociobiológica Informativa (TSI) no basta para explicar por sí mismo el logro esencial de la explicación

informativa (que, en resumen, es la resolución del problema mente-cerebro). Urge explicar cómo esta teoría informativa consigue lo que pretende. En este sentido, bastará decir que la TSI no es en sentido estricto una neurociencia, en el cuerpo teórico ofrece una neurociencia, pero al mismo tiempo va más allá de los límites epistémicos de la neurociencia. En otras palabras, llega a la neurociencia, pero no parte de ella ni se limita a ella. Por ejemplo, Eric Kandel elabora una explicación partiendo de la neurociencia (y recurriendo al psicoanálisis para cuando la neurociencia no le alcanza como marco explicativo). En ninguna parte del libro *Principios de neurociencia* se plantea la necesidad de una teoría del universo, una teoría de la sociedad, una teoría de la historia o una teoría de la cultura<sup>27</sup>. Parece que Kandel quiere explicar el ser humano despojado de todos sus atributos únicos (quizá porque le resulta más familiar en términos de una *Aplysia californica*). En cambio, la TSI se basa esencialmente en la necesidad de una explicación del universo, una explicación original de la sociedad (potencialmente relacionable con, por ejemplo, la “Teoría general de la sociedad” de Niklas Luhmann) y, por último, una interpretación del cerebro<sup>28</sup>. Es precisamente esta diferencia epistémica entre la neurociencia informativa de Ortiz y la neurociencia cognitiva de Kandel la que sitúa a la TSI en mejores condiciones a la hora de intentar resolver el problema mente-cerebro. Si se formulara la siguiente pregunta: ¿Cómo se mide el pensamiento, el amor, el odio, la razón, la bondad y la maldad (entre otras cosas que «emanan» del cerebro) en la TSI?. La respuesta sería: en la TSI, el pensamiento, el amor, el odio, la razón, la bondad, la maldad, entre otras cosas, no se miden; informativamente todos estos fenómenos se reinterpretan. Además, desde la TSI no es correcto decir que estos fenómenos «emanan» del cerebro, primero porque centrar todo en el «cerebro» es una falacia mereológica; segundo, porque solo recurren a la idea de «emanar» quienes no tienen una explicación de la estructura y actividad del sistema nervioso humano (ni siquiera del cerebro, sino de todo el sistema nervioso), es precisamente la TSI la que permite esta doble explicación del sistema nervioso: actúa como estructura y actúa como actividad<sup>29, 30</sup>. Y repetimos: para

lograrlo, la TSI evita necesariamente el marco epistémico (reduccionista, inductivo, mecanicista, dualista y científicista) que sustenta la neurociencia cognitiva (como la neurociencia de Eric Kandel).

En la misma línea, pero con la intención de describir más orgánicamente la TSI, cabe mencionar que entre 1973 y 1993, Pedro Ortiz Cabanillas, más que dar una explicación del sistema nervioso, se interesó por la búsqueda de una filosofía natural (o filosofía de la naturaleza) que permitiera integrar, dentro de un mismo marco explicativo, el universo, la sociedad y las personas (con sus sistemas nerviosos, y en particular con sus cerebros). De 1994 a 2011, Pedro Ortiz añadió a su filosofía natural (sociobiológica dialéctica) una teoría de la vida (o lo que es lo mismo: propuso su propia teoría de la información), que le hace replantearse no solo la definición de lo que son las personas, sino lo que son todos los seres vivos<sup>31</sup>. Una de las lecciones esenciales de Ortiz es no interesarse nunca por creer que el ser humano es un animal, o que pertenece al reino animal. La verdadera magnitud de la aportación de Ortiz es la afirmación, y lo repite a lo largo de los últimos 17 años de vida, de que el ser humano ya ha trascendido el nivel de animalidad cuando surgió la sociedad (en el transcurso, al menos, de los últimos 30 000 años).



## CONCLUSIONES

¿Qué significa lo que se ha argumentado hasta ahora? Significa que la explicación informacional representa una alternativa a la explicación tradicional de la neurociencia, que, de cara al futuro, tiene una lista de «*unsolved problems*». Además, ¿cuáles son las implicaciones de saber que la perspectiva informacional representa una explicación alternativa? Para empezar, hay que reconocer que la revolución científica de los últimos cinco siglos tiene su propio curso. Ortiz es como una isla que se hunde en el mar, o exactamente, la piedra en una isla que se hunde (utilizando la metáfora de César Moro)<sup>32</sup>. La neurociencia del futuro no se verá afectada por la presencia de la explicación informacional. La neurociencia del futuro seguirá formulándose las mismas preguntas esenciales una y otra vez sin respuestas y el flujo de sus no-respuestas alimentará a todos los que practican la neurociencia ahora y en los próximos años. La aportación de Ortiz Cabanillas radica en presentar una herramienta de comprobación que permite poner en juicio los planteamientos de la neurociencia. La explicación, en sentido estricto, no resuelve el problema mente-cerebro, más bien al contrario, sirve para evidenciar este problema en los planteamientos de la neurociencia (la neurociencia tiene problemas, pero Ortiz problematiza no a estos problemas, sino a la neurociencia como problema en sí misma). Ortiz Cabanillas en su explicación original omite por completo toda disquisición sobre la «mente», es decir: «mente» no existe en su vocabulario. De este modo, la teoría, sin tener ninguna intención de dar una solución (según Ortiz, la teoría no fue desarrollada para

responder al problema mente-cuerpo sino para ayudar a médicos, educadores, psicólogos y dirigentes, entre otros, a comprender la naturaleza del sujeto, el cual es el centro de su trabajo), resuelve el problema mente-cerebro de dos maneras: revelando el entrampamiento de una explicación; y proponiendo una elucidación que omite toda alusión a lo mental cuando se trata de iluminar cómo el cerebro se está integrando en una experiencia singular, personal y particular. Ortiz, y para esto es que tiene título de «difícil de entender», usa sus propias definiciones, tiene su propio vocabulario; no estamos frente a solo ideas singulares, estamos frente a un hombre con un *modus* arquitectónico de pensar.

Con la vista puesta en el futuro, la explicación sociobiológica informativa representa una forma de contrastar las hipótesis y enfoques de la neurociencia. Esto, por otra parte, permite imaginar mejor el futuro, bajo en futuros distópicos (que es lo que se consigue cuando solo nos centramos en los logros de una disciplina), y sin cegarnos respecto a los límites de la ciencia. En este sentido, en las próximas décadas, la neurociencia tendrá enormes mejoras, se romperá la barrera entre las máquinas y el sistema nervioso; y el conocimiento del nivel microscópico, la robótica y la inteligencia artificial aportarán grandes avances para el control, detección, tratamiento de enfermedades y potenciación de las capacidades humanas. En este campo, el progreso farmacéutico se unirá e irá a la vanguardia, en paralelo con las mejoras tecnológicas de la quinta revolución industrial. El ser humano que se acerque a la neurociencia del futuro, vivirá en un mundo caótico, de orden sociopolítico inherentemente desigual, esta desigualdad será similar a la actual (quizás más o, ojalá, menos, pero siempre ahí: como algo irrenunciable): un hecho cotidiano para sostener el progreso tecnológico en un mundo globalizado. De hecho, poco importará que tengamos o no una explicación que resuelva el problema mente-cerebro; la agenda contemporánea siempre consistirá en acercarse a la mente desde el cerebro y sobre la base de la tecnología. La desunión cerebro-mente se mantendrá, el desarrollo tecnológico sostendrá esta división (en definitiva:

persistir en un dualismo real). La tecnología digital del futuro permitirá varias opciones de experiencia modificadas, pero, en esencia, la experiencia humana será la misma: el ser humano sintiendo, el ser humano pensando, el ser humano imaginando y el ser humano actuando. Dentro de 30 años, o más, tanto si la neurociencia existe como si ya está pasada de moda, el ser humano seguirá cavilando como hace 3 000 años sobre la naturaleza inteligible del sistema nervioso. El alma, el espíritu, el «*nous*», el Ser, todos estos conceptos juntos hacen de nosotros lo que somos. Es satisfactorio saber, a partir de la explicación informacional ya no es necesario esperar décadas para seguir cuestionándonos lo mismo, esta es la neurociencia que queremos, deseamos, aspiramos y exigimos: una explicación alternativa que nos permita celebrar cada avance tecnológico como un incurable fuego artificial que se acerca para iluminar la noche pero que aún no es la luz del amanecer. Explicar lo que somos, como ya sabían los filósofos presocráticos, no hace que las cosas parezcan menos especiales. Muy al contrario, es totalmente distinto preguntar por preguntar que preguntar siguiendo un marco conceptual, este ejercicio se extiende según la capacidad autopoiética del marco conceptual. De este modo, la Teoría Sociobiológica Informacional trasciende lo que la neurociencia pretende explicar. Eso significa que la explicación informacional llega a describir lo que la neurociencia quiere describir, pero la neurociencia no es suficiente para imaginar lo que informacionalmente es posible pensar.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(En orden de aparición)

1. Adelman G. "The neurosciences research program at MIT and the beginning of the modern field of neuroscience". *J Hist Neurosci* 2010 19(1): 15-23.
2. Van Hemmen J., Sejnowski T. *23 Problems in Systems Neuroscience*. 1st ed. Oxford University Press, New York. 2006.
3. Koch C, Crick F. "What Are the Neuronal Correlates of Consciousness?" In: van Hemmen, J. & Sejnowski, T. *23 Problems in Systems Neuroscience*. 1st ed. Oxford University Press, New York. 2006.
4. Bennett M. R., Hacker P. M. S. *Philosophical foundations of neuroscience*. 1st ed. Blackwell Publishing, Chicester. 2003.
5. Markram H. "Seven Challenges for Neuroscience". *Funct Neurol* 2013 28(3): 145-151.
6. Adolphs R. "The Unsolved Problems of Neuroscience". *Trends Cogn Sci* 2015 19(4): 173-175.
7. Jerath R., Beveridge C. "Top Mysteries of the Mind: Insights From the Default Space Model of Consciousness". *Front Hum Neurosci* 2018 12: 162.
8. Koch C., Marcus G. "Neuroscience in 2064: a look at the last century". En: Marcus G., Freeman J, editors. *The Future of the Brain*. 1st ed. Princeton University Press, New Jersey. 2015.

9. Mora F. *Neurocultura: una cultura basada en el cerebro*. 1ra ed. Alianza Editorial, Madrid. 2007.
10. Lorusso L., Piccolino M., Motta S., Gasparello A., Barbara J.G., Bossi-Régner L., Shepherd G.M., Swanson L., Magistretti P., Everitt B., Molnár Z., Brown R.E. “Neuroscience without borders: Preserving the history of neuroscience”. *Eur J Neurosci* 2018 48(5): 2099-2109.
11. Amunts K., Knoll A. C., Lippert T., Pennartz C.M.A., Ryvlin P., Destexhe A., Jirsa V.K., D’Angelo E., Bjaalie J.G. “The Human Brain Project-Synergy between neuroscience, computing, informatics, and brain-inspired technologies”. *PLoS Biol* 2019 17(7): e3000344.
12. Ecker J.R., Geschwind D.H., Kriegstein A.R., Ngai J., Osten P., Polioudakis D., Regev A., Sestan N., Wickersham I.R., Zeng H. “The BRAIN Initiative Cell Census Consortium: Lessons Learned toward Generating a Comprehensive Brain Cell Atlas”. *Neuron* 2017 96(3): 542-557.
13. Manes F., Niro M. *El cerebro del futuro*. 1ra ed. Grupo Planeta, Madrid. 2018.
14. Lledo P. *El cerebro en el siglo XXI*. 1ra ed. El Ateneo, Buenos Aires. 2018.
15. Gabriel M. *Yo no soy mi cerebro. Filosofía de la mente para el siglo XXI*. 1ra ed. Pasado & Presente, Barcelona. 2016.
16. Zizek S. *The Parallax View*. 1st ed. MIT Press, Cambridge. 2006.
17. Ortiz P. *Problemas actuales de la educación y la neurociencia*. 1ra ed. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2019.
18. Ortiz P. *El sistema de la personalidad*. 2da ed. Contreras-Pulache H., editor. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2016.
19. Ortiz P. *Psicobiología social (tomo 1)*. 1ra ed. Contreras-Pulache H, editor. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2017.

20. Ortiz P. *Psicobiología social (tomo 2)*. 1ra ed. Contreras-Pulache H, editor. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2017.
21. Ortiz P. *Psicobiología social (tomo 3)*. 1ra ed. Contreras-Pulache H, editor. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2017.
22. Contreras-Pulache H, Espinoza-Lecca E, Sevillano-Jimenez J. “Apuntes sobre la evolución histórica de la obra de Pedro Ortiz Cabanillas y su Teoría Sociobiológica Informacional”. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 2018 35(4):699-706.
23. Contreras-Pulache H., Espinoza-Lecca E., Moya-Salazar J. “Aproximación biográfica a Pedro Ortiz Cabanillas (1933-2011) y su Teoría Sociobiológica Informacional en el contexto de la neurología científica peruana”. *Int J Morphol* 2019 37(4): 1316-1324.
24. Ortiz P. “El rol de las neurociencias en la explicación de la actividad psíquica”. En: *Anales del VIII Congreso Nacional de Psiquiatría Peruana*. 1ra ed. UNMSM, Lima. 1984.
25. Ortiz P. *El sistema de la personalidad*. 1ra ed. Orión, Lima. 1994.
26. Ortiz P. *El sistema de la personalidad*. 2da ed. Contreras-Pulache H., editor. Fondo Editorial de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima. 2016.
27. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M., Siegelbaum S.A., Hudspeth A.J. *Principles of Neural Science*. 5th ed. McGraw Hill Professional, New York. 2013.
28. Luhmann N. *La sociedad de la sociedad*. 1ra ed. Herder Editorial, Barcelona. 2016.
29. Contreras-Pulache H., Picón S., Soriano-Abal A., Zorilla A., Pérez M., Moya-Salazar J. “Una aproximación explicativa a la pregunta: ¿Es acaso Dios una invención del cerebro?” *Morfología*. 2018; 10(3): 47-49.

30. Contreras-Pulache H., Joya-Quispe A.I., Moya-Maldonado D. S., Osca-noa-Chávez A. J., Pérez-Ly Y.S., Moya-Salazar J. “Una interpretación in-formacional del niño salvaje de Aveyron: L’enfant sauvage (1970)”. Rev Med Cine. 2019; 15(4): 221-230
31. Contreras-Pulache H., Moya-Salazar J. “Una revisión de la neuroana-tomía y neurofisiología del lenguaje”. Rev Neuropsiquiatr. 2019; 82(1): 97-99.
32. Moro C. *Prestigio del amor*. 1ra ed. Silva-Santisteban R, editor. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 2002.

## ADENDA 2024

En 2019, se publica en la página web de Instituto Allen, un artículo de divulgación titulado “5 *unsolved mysteries about the brain*” por Rachel Tompa<sup>1</sup>. En este artículo, la autora entrevista a Christof Koch, director del instituto, sobre cuáles son los *unsolved mysteries* de la neurociencia. A 13 años desde la primera divulgación de Koch sobre lo “*unsolved*”, las incógnitas parecen mantenerse. El neurocientífico propone los siguientes “*mysteries*”: i) ¿De qué está hecho el *brain*?; ii) ¿Cómo el *brain* cambia en la enfermedad?; iii) ¿Cómo las neuronas se comunican entre ellas?; iv) ¿Cómo se procesa la información en el *brain*?; v) ¿Qué significará comprender nuestro *brain*? Nuevamente, parece que los autores han caído en una “falacia mereológica”, pues asumen la parte por el todo y no especifican a qué hacen referencia cuando mencionan la palabra “*brain*”, si es al encéfalo o al cerebro. Dejando de lado este detalle, se puede analizar que las primeras cuatro preguntas se pueden resolver (y se están resolviendo) conforme avanza el desarrollo tecnológico, quedando la última pregunta de una naturaleza filosófica. Tanto se ha progresado en la neurociencia con el desarrollo de nuevos dispositivos tecnológicos, lo cual hace plantearnos continuamente nuevas incógnitas sobre el cerebro –y su funcionamiento–, las cuales, en su gran mayoría, probablemente las innovaciones tecnológicas ayudarán en responderlas (inteligencia artificial, *big data*, *machine learning*, *cloud computing*, etc.). Sin embargo, el último *unsolved mystery* (entiéndase como *unsolved problem*) supone una respuesta que no tiene por qué responderse con la tecnología, sino con el propósito del ser humano para con

la sociedad. Esta última interrogante de Koch se correlaciona con las dos últimas preguntas de Markram (planteadas en 2013). Una vez que hayamos comprendido a nuestro cerebro (si es que en algún momento –en un futuro no tan cercano– se logra comprender), ¿qué proseguirá?

Excluyendo al artículo de Tompa, a la fecha no se ha encontrado mayor bibliografía, tanto en el ámbito académico como extraacadémico, que destaque el tema de los “*unsolved problems*” de la neurociencia como materia de análisis. Por ello, se realizó una búsqueda bibliográfica de los autores mencionados en el artículo, y no se encontró, entre sus últimas publicaciones, temas que aborden el fenómeno “*unsolved*”. Van Hemmen ha orientado sus últimas investigaciones a explicar diferentes fenómenos acústicos desde la física<sup>2, 3</sup>, mientras que Sejnowski ha publicado sobre el impacto de la inteligencia artificial en la neurociencia<sup>4, 5</sup>. David Eagleman se ha enfocado en investigar las propiedades y efecto de la estimulación háptica (tacto activo) a través de simuladores virtuales<sup>6</sup>. Henry Markram continúa ejerciendo la dirección del Blue Brain Project y del Laboratorio Neural de Microcircuitos, sus últimas investigaciones se orientan en desarrollar modelos y mapeos de redes neuronales<sup>7, 8</sup>. Ralph Adolphs se ha centrado en publicar sobre neurociencia cognitiva, específicamente el análisis de la percepción de la visión y el olfato<sup>9, 10</sup>. Ravinder Jerath y Connor Beveridge han seguido publicando conjuntamente y han dirigido sus investigaciones en el rol terapéutico de la realidad virtual en enfermedades psiquiátricas<sup>11, 12</sup>. Por último, Christof Koch ha venido ejerciendo la dirección del Instituto Allen para ciencias del cerebro y sus publicaciones están orientadas al análisis de la actividad neural en circuitos corticales<sup>13, 14</sup>.

A excepción de Koch, los investigadores más han estado enfocados en la explicación y desarrollo de una neurociencia que está sustentada en la innovación tecnológica y han dejado de lado el dilema que supone la problemática de los “*unsolved problems*” y

más aún, cuando hay problemas –en palabras de Adolphs– que la neurociencia nunca podrá resolver.

Resulta interesante poder establecer el diálogo (que escapa ya a la naturaleza de esta publicación, y en particular de esta adenda) entre los “*unsolved problems*” y lo que el filósofo David Chalmers ha denominado “*hard problem of consciousness*”. Solo para dejar una senda de intuición hacia el futuro, una explicación que no tropiece con los “problemas no resueltos” estará en condiciones de torear o surfear al “problema duro” de Chalmers.

Una consecuencia natural ante la presencia de lo “*unsolved*” es la enseñanza de la neurociencia. Esto se puede resumir con la siguiente pregunta: ¿qué neurociencia se va a enseñar cuando se enseña neurociencia? O, más precisamente, ¿qué modelo explicativo del cerebro se va a enseñar cuando se enseña neurociencia?<sup>15</sup>

Finalizamos destacando lo siguiente: la neurociencia del futuro que queremos, deseamos, aspiramos y exigimos debe tener en cuenta el enfoque sociobiológico informacional, y con él estar en condiciones de resolver los problemas que el enfoque clásico, por su propia naturaleza, no puede resolver.

## Referencias bibliográficas

1. Tompa R. “5 unsolved mysteries about the brain”. Allen Institute. 2019. Disponible en: <https://alleninstitute.org/news/5-unsolved-mysteries-about-the-brain/>
2. Edskes B.H., Heider D.T., van Leeuwen J.L., Seeber B.U., van Hemmen J.L. “Tone generation in an open-end organ pipe: How a resonating sphere of air stops the pipe”. *arXiv*. 2023; 2203:15042.
3. Vedurmudi A.P., Young B.A., van Hemmen J.L. “Active tympanic tuning facilitates sound localization in animals with internally coupled ears”. *Hear Res*. 2020; 387:107861.



4. Zador A., Escola S., Richards B., Ölveczky B., Bengio Y., Boahen K., et al. “Catalyzing next-generation Artificial Intelligence through NeuroAI”. *Nat Commun.* 2023; 14(1):1597.
5. Garcia J.W., Bartol T.M., Sejnowski T.J. “Multiscale modeling of presynaptic dynamics from molecular to mesoscale”. *PLoS Comput Biol.* 2022; 18(5):e1010068.
6. Eagleman D.M., Perrotta M.V. “The future of sensory substitution, addition, and expansion via haptic devices”. *Front Hum Neurosci.* 2023; 16:1055546.
7. Hunt S., Leibner Y., Mertens E.J., Barros-Zulaica N., Kanari L., Heistek T.S., et al. “Strong and reliable synaptic communication between pyramidal neurons in adult human cerebral cortex”. *Cereb Cortex.* 2023; 33(6):2857-2878.
8. Rodarie D., Verasztó C., Roussel Y., Reimann M., Keller D., Ramaswamy S., et al. “A method to estimate the cellular composition of the mouse brain from heterogeneous datasets”. *PLoS Comput Biol.* 2022;18(12):e1010739.
9. Sawada M., Adolphs R., Dlouhy B.J., Jenison R.L., Rhone A.E., Kovach C.K., et al. “Mapping effective connectivity of human amygdala subdivisions with intracranial stimulation”. *Nat Commun.* 2022; 13(1):4909.
10. Fu Z., Beam D., Chung J.M., Reed C.M., Mamelak A.N., Adolphs R., et al. “The geometry of domain-general performance monitoring in the human medial frontal cortex”. *Science.* 2022; 376(6593): eabm9922.
11. Jerath R., Beveridge C. “Harnessing the Spatial Foundation of Mind in Breaking Vicious Cycles in Anxiety, Insomnia, and Depression: The Future of Virtual Reality Therapy Applications”. *Frontiers in Psychiatry.* 2021 Jul 8; 12:645289. doi: 10.3389/fpsy.2021.645289. PMID: 34305666; PMCID: PMC8295564.

12. Jerath R., Beveridge C., Jensen M., Paladiya R. “The Therapeutic Role of Guided Mental Imagery in Treating Stress and Insomnia: A Neuropsychological Perspective”. *Open Journal of Medical Psychology*, 2020; 9 (1): 21-39. doi: 10.4236/ojmp.2020.91003.
13. Haufler D., Ito S., Koch C., Arkhipov A. “Simulations of cortical networks using spatially extended conductance-based neuronal models”. *J Physiol.* 2022; 3(1):234-257.
14. Nandi A., Chartrand T., Van Geit W., Buchin A., Yao Z., Lee S.Y., et al. “Single-neuron models linking electrophysiology, morphology, and transcriptomics across cortical cell types”. *Cell Rep.* 2022; 40(6):111176.
15. Moya-Salazar J., Contreras-Pulache H. “¿Qué neurociencia se va a enseñar cuando se enseña neurociencia? Dos modelos explicativos del cerebro humano”. *Iatreia*. vol. 35, no. 3. Medellín, July/Sept. 2022;35(3):349-55.

*La neurociencia del futuro*  
de Hans Lenin Contreras Pulache,  
Palmer José Hernández Yépez y Karina Jasmin Chicoma Flores,  
se terminó de editar en versión digital (PDF)  
en el mes de mayo de 2024, en las oficinas del Fondo Editorial  
de la Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH)  
Lima – Perú.

En este libro se propone una visión de la "neurociencia del futuro", abarcando el periodo comprendido entre 2020 y 2050. Se identifican tres ámbitos de desarrollo: el avance de la neuroimagen, el impulso de la inteligencia artificial (simulación) y la persistente presencia de los problemas no resueltos de la neurociencia.

Los autores argumentan que estos problemas no son simplemente las preguntas que los neurocientíficos se hacen y no pueden responder, sino más bien aquellas preguntas que no se están planteando, esas preguntas a las que hace referencia el filósofo Slavoj Žižek cuando habla de "preguntas imposibles". Para esta titánica tarea, los autores invocan la presencia de Pedro Ortiz Cabanillas y su Teoría Sociobiológica Informativa.

