

CRISTIANISMO Y LA INTERPRETACIÓN AVATAR DEL CEREBRO v2

José del Carmen Rodríguez Santamaría

<https://www.ejristos.com>

Bogotá, Colombia

May 24, 2023

Abstract

El Cristianismo sostiene que no pensamos con el cerebro. En cambio, el cerebro es un sistema de comunicación del cuerpo con el espíritu. Ofrecemos una interpretación del cerebro compatible con esta visión. Comparamos esta propuesta con los resultados en Neurociencia. Se formula una predicción falsable en términos de neuronas. Versión 2: se añadió una subsección para mejorar la comprensión.

Contents

1	INTRODUCCIÓN	3
2	LA HIPÓTESIS AVATAR	3
3	SUPOSICIONES BÁSICAS	4
4	PROPIEDADES ESPERADAS	5
4.1	El sistema de comunicación debe ser paralelo	5
4.2	Se deben separar los subsistemas de emisión y recepción	5
5	REALIZACIÓN DE LA INTERPRETACIÓN AVATAR	6
5.1	Paralelismo según la tecnología moderna	7
6	LA DISCONTINUIDAD COMO PREDICCIÓN FALSABLE	8
6.1	Discontinuidad en términos de anatomía	9
6.2	Discontinuidad en términos de células	9
6.3	Composición celular del sistema de comunicación . .	12
6.4	Problemas	13
6.5	Cómo salir de la retórica	14
7	Comparación final	15
8	CONCLUSIÓN	16

1 INTRODUCCIÓN

Con los continuos y sorprendentes avances de la Ciencia, el Materialismo está bien posicionado en cuanto a la concepción de la naturaleza del hombre: es materia y sólo materia. En la terminología moderna, es solo un robot, un sistema muy sofisticado con una excelente maquinaria informática que permite un alto grado de independencia. Por el contrario, el Cristianismo afirma que el cuerpo humano es un avatar, un sistema complejo diseñado para ser controlado desde el exterior por el espíritu. Nuestro propósito es proponer una interpretación materialista del cerebro que sea compatible con esta creencia cristiana.

2 LA HIPÓTESIS AVATAR

La ciencia enseña que *pensamos con el cerebro*. Esta es la **Interpretación robótica del cerebro**. Contrariamente a esto, el Cristianismo enseña que pensamos con el espíritu, que controla el cuerpo. Desde este punto de vista, el cuerpo es un avatar, una pieza de maquinaria compleja que se controla desde el exterior. Entonces, ¿cuál podría ser el posible papel del cerebro bajo esta idea?

Uno podría imaginar que tenemos dos órganos de pensamiento separados, el cerebro y el espíritu. Esta creencia se contradice con la falta de apoyo a los proyectos de Frankenstein. Esto también es contrario al Cristianismo. De hecho, Jesús dijo: *El Espíritu da vida; la carne no cuenta para nada. Las palabras que os he hablado están llenas del Espíritu y de vida*. Por lo tanto, debemos asumir que tenemos un solo órgano de pensamiento y que es el espíritu. Entonces, ¿cuál podría ser el posible papel del cerebro bajo esta idea? *El cerebro es el sistema de comunicación cuerpo-espíritu que está involucrado en funciones de control de alto nivel*. Esta es la **Interpretación Avatar del Cerebro**.

Dado que el peso del cerebro puede rondar por los 1,5 kilogramos, una objeción es inmediata: si somos un avatar, ¿por qué nuestro cerebro es tan grande? Nuestra respuesta es:

Según el Cristianismo, todos debemos pasar por un juicio final para decidir nuestro destino eterno. Esto implica que todas las funciones superiores de un ser humano deben estar ligadas al espíritu y no al cuerpo, que puede sufrir destrucción mientras que el espíritu es eterno. Por lo tanto, todas las funciones psicológicas superiores deben estar representadas en el sistema de intercomunicación cuerpo-espíritu, que suponemos está en el cerebro.

Ahora, las órdenes del espíritu pueden ser muy breves: *¡Coge el vaso, llénalo con un poco de agua y bebe!* Una vez que el cerebro recibe la orden, debe diseñar un programa completo para resolver problemas: establecer una meta, dividirlo recursivamente en subobjetivos hasta que todos ellos puedan ser realizables, y disparar las acciones correspondientes (Vasković [17] 2023).

De la misma manera, el ojo ve píxeles sobre píxeles, pero el espíritu recibe un informe simple: *hay un árbol con montañas y nubes que se mueven en la distancia*. Para alcanzar este nivel de abstracción, debe estar en funcionamiento una poder de cómputo increíble.

Etcétera.

3 SUPOSICIONES BÁSICAS

Dos supuestos básicos y fundamentales para lo que sigue son:

1. Las células neuronales son la unidad elemental de la computación cerebral. Esta idea está en la base de las redes neuronales que se encuentran bajo la armadura de los chatbots. La propuesta de que los organelos podrían estar involucrados en la computación (cuántica) no prosperó (Frixione [4] 2014). Entonces, postulamos que el esperado sistema de comunicación cuerpo-espíritu está hecho de células neuronales.

2. También seguimos el resultado conocido de que la información a través de las células neurales del cerebro proviene de las dendritas, llega al cuerpo de la célula y pasa por el axón que, por medio de neurotransmisores, excita las dendritas de la siguiente célula en la vía neural. Esto significa que la información neuronal fluye direccionalmente (Neurotechedu [13] 2023).

4 PROPIEDADES ESPERADAS

Presentemos dos restricciones importantes del supuesto sistema de comunicación cuerpo-espíritu.

4.1 El sistema de comunicación debe ser paralelo

Dado que nuestros bloques de construcción son las células, debemos considerar que estas operan principalmente sobre moléculas cuya difusión, libre o inducida, es extremadamente lenta. Es por eso que el sistema de comunicación debe ser paralelo.

4.2 Se deben separar los subsistemas de emisión y recepción

Es habitual en los sistemas de comunicaciones que las instalaciones de emisión y recepción estén separados en el espacio o en el tiempo. Por ejemplo, tenemos una boca con una laringe y oídos que son bastante diferentes y están ubicados en regiones separadas. Asimismo, el murciélago dispone de un sistema de emisión de ondas ultrasónicas y un receptor de captación del eco y ambos subsistemas se conmutan entre sí, es decir, cuando un sistema funciona, el otro se apaga, de lo contrario el subsistema emisor destruiría al receptor que es muy sensible. Por eso suponemos que el supuesto sistema de comunicación cerebro-espíritu debe tener una separación en el espacio entre

los sistemas emisor y receptor. Debido al paralelismo masivo, no es necesario conmutar en el tiempo.

Estamos listos ahora para asignar una parte del cerebro al supuesto sistema de comunicación espíritu-cuerpo.

5 REALIZACIÓN DE LA INTERPRETACIÓN AVATAR

Un sistema de comunicación entre dos clientes debe ser bidireccional y tener implementaciones independientes de subsistemas de emisión y recepción en cada cliente. En el cerebro, el subsistema de emisión transmite información al espíritu sobre el estado del cuerpo y su entorno. Asimismo, el sistema de recepción del cerebro recibe órdenes del espíritu y las interpreta y ejecuta. Por otra parte, la personalidad de un ser humano es demasiado compleja y, por tanto, el sistema de comunicación cuerpo-espíritu en el cerebro debe ser muy extenso. Ahora, indagemos sobre una parte del cerebro con las siguientes características:

- Muy extendido.
- Que tenga computación paralela.
- Relacionado con las funciones de alto nivel del cerebro.
- Con dos funciones complementarias relacionadas con el control que naturalmente podrían reinterpretarse en términos de un sistema de comunicación.

Encontramos solo una opción: la neocorteza, que es el tejido más extenso del cerebro, lo cubre y la ciencia sostiene que es responsable de las funciones de alto nivel del cerebro (Ocran [14] 2022). Su estructura es compleja pero admite grosso modo una división en tres regiones, una para la información sensorial, otra para las respuestas

motoras y una tercera para la intercomunicación, que se denomina área asociativa (Gordon et al. [6] 2023).

La interpretación inmediata es que el área sensorial recibe información de los sentidos y la transmite al espíritu. Por otro lado, el área motora capta las órdenes del espíritu, las procesa y despliega las órdenes correspondientes.

Recalamos que el neocórtex es una estructura paralela, tal como lo exige nuestra interpretación.

5.1 Paralelismo según la tecnología moderna

La técnica moderna de Diffusion Tensor Imaging nos permite ver que un cerebro es definitivamente una máquina paralela de pies a cabeza, incluyendo la neocorteza. Su modelo de computación puede llamarse *Computación Paralela Columnar Masiva* porque cada columna o fibra es, al nivel de la neocorteza, una unidad de computación más o menos separada que es un conglomerado de muchas células interconectadas. Y las columnas también están interconectadas (Ranzenberger et al. [15] 2002, Hagmann et al. [7] 2007, Neurodome [12] 2015).

Se puede encontrar paralelismo masivo en las tarjetas de video y en la programación funcional. Pero estos modelos parecen primitivos con respecto al paralelismo columnar. El gran poder de cómputo del cerebro podría ser un resultado emergente de la gran cantidad de unidades de microcomputación columnar (Bennett [1] 2020).

El paralelismo masivo y la integración de largo alcance del neocórtex y de su Capa 1 implica que no hay un administrador superior en el cerebro. En otras palabras, el cerebro humano no tiene ni puede tener conciencia. El cerebro, en el mejor de los casos, es solo un conjunto de reflejos coordinados.

Hemos encontrado que la Interpretación Avatar es muy natural. Pero se necesita más para superar el nivel de la retórica.

6 LA DISCONTINUIDAD COMO PREDICCIÓN FALSABLE

Las Interpretaciones Robótica y Avatar producen predicciones bastante diferentes sobre la continuidad de los flujos neuronales cuando entra en juego la conciencia.

Imaginemos un camino de información neuronal desde un receptor en el pie hasta el cerebro que reacciona y evoca una acción en alguna parte del cuerpo. La interpretación robótica del cerebro predice que esos caminos son continuos porque todo es material.



Figure 1: Según el Materialismo, el procesamiento de las señales neuronales debe seguir un camino continuo que obedece a la descripción habitual de un sistema de control. Un estímulo exterior (sonido = el nombre de un bebé) golpea un transductor (el oído interno), lo que crea una señal neuronal que se remite a un procesador (el cerebro). Este reacciona con un flujo de comandos que controla un efector (ambas piernas) y todo el organismo produce una reacción (el bebé se acerca a su madre). La continuidad es el concepto clave. Esto implica que el **Conectoma**, la estructura de comunicación del cerebro, está conectado desde los flujos sensoriales hasta los de salida.

Muy al contrario, la Interpretación Avatar del Cerebro predice que todo camino que llega a la conciencia es discontinuo porque en algún lugar la señal sale del mundo material en el área sensorial para entrar al reino espiritual que es invisible, es decir, indetectable hasta esta fecha. Del mismo modo, una decisión del espíritu surge de la nada y provoca el disparo de una neurona motora con el consiguiente movimiento de una pierna. Véase la figura 2, página siguiente.

6.1 Discontinuidad en términos de anatomía

Korbinian Brodmann publicó en 1909 una monografía en la que dividía el cerebro por regiones. Su criterio fueron las diferencias en la organización citoarquitectónica de las neuronas en la corteza cerebral que se hicieron visibles después de la tinción adecuada (Feng [3] 2022). Posteriormente, los investigadores asociaron diferentes áreas con la funcionalidad. Esta es una tarea de enormes proporciones que continúa hasta nuestros días.

Dos regiones son esenciales para nosotros ahora: la corteza visual en la región occipital en la parte posterior de la cabeza y la corteza motora en su parte superior. Las dos regiones trabajan cooperativamente en todo momento pero están separadas por más de 15 cm. Esto provoca una gran discontinuidad de cada señal de información. La Interpretación Avatar ofrece una explicación alternativa: el camino es continuo pero necesita entrar en el espíritu. Por eso mismo, la huella material del camino es discontinua. Ver Figura 3, dos páginas a continuación.

6.2 Discontinuidad en términos de células

El número de neuronas en el cerebro se cuenta en el rango de miles de millones, y cada neurona puede estar conectada a miles de otras neuronas. En medio de esta jungla debemos atrevernos a hacer predicciones falsables con respecto a la discontinuidad de los flujos

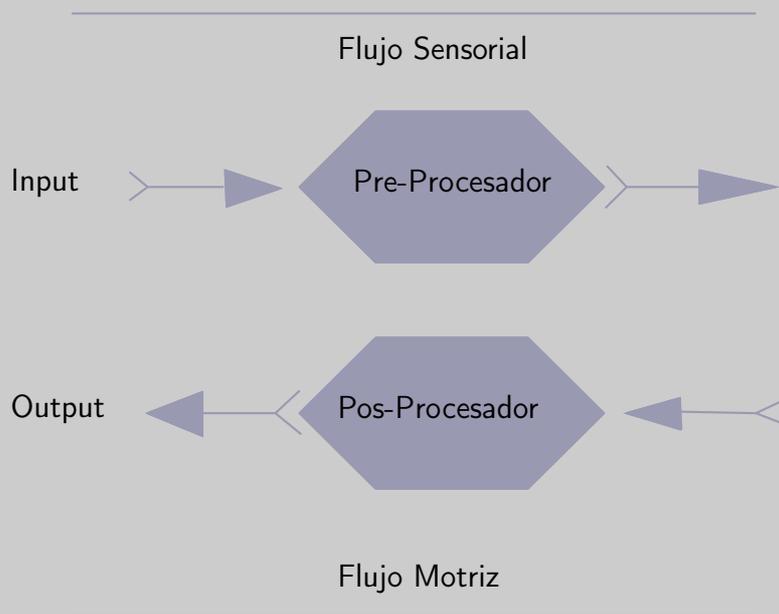


Figure 2: Según el Cristianismo, el Conectoma debe tener caminos desconectados porque esos caminos que van o vienen del espíritu no tienen rastro material. Más detalladamente, los transductores en los sistemas sensoriales crean entradas que son procesadas previamente por el cerebro que envía una información de alto nivel al espíritu (una mosca está molestando). El espíritu toma decisiones y se las comunica al cerebro en forma de macros de alto nivel (¡gestira el brazo izquierdo para espantar a la mosca!). El cerebro implementa las macros con la ayuda de un posprocesador y produce una salida para controlar los efectores. El concepto clave del Cristianismo es que el Conectoma se interrumpe y desconecta porque los caminos sensoriales terminan en callejones sin salida, mientras que las señales motoras nacen en nodos huérfanos que no reciben señales de otras neuronas.

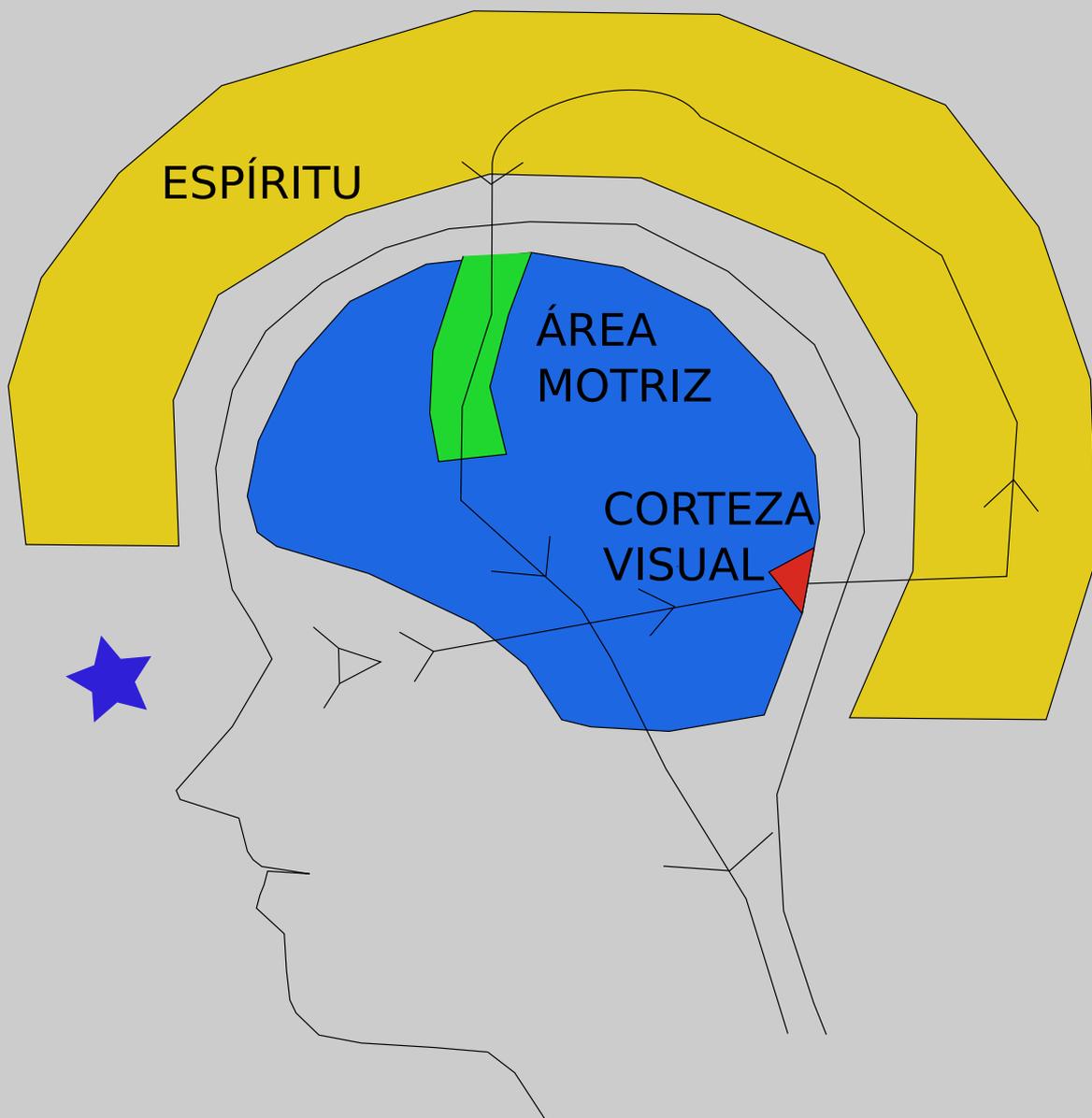


Figure 3: El ojo ve un objeto, digamos, una estrella. Se envía una señal a la corteza visual. Después de eso, en la corteza motora, aparece una orden de la nada para mover el brazo para alcanzar la estrella. Se predice que la ruta de la señal será continua de acuerdo con la Interpretación Robot. Pero nadie ha rastreado exactamente la señal desde la corteza visual hasta la motora. Sospechamos que, aparte de la retroalimentación, existe una discontinuidad de unos 15 cm de largo. Por el contrario, la Interpretación Avatar afirma que la señal va del ojo a la corteza visual, y de allí al espíritu, que es el administrador superior del cuerpo, por lo que toma una decisión, que se comunica a la corteza motora para su ejecución. Todo el camino es continuo pero atraviesa el espíritu.

neuronales informativos direccionales. Para lograr esto, continuamos con nuestra Interpretación Avatar del Cerebro:

- El subsistema de recepción del cerebro debe estar lleno de células huérfanas, que no reciben mensajes de otras células porque captan órdenes del espíritu. Estas células son autoexcitables y deben ubicarse en el área o parches motores.
- El subsistema de emisión debe estar lleno de células terminales, que son callejones sin salida de los flujos de comunicación neuronal que recorren las vías terminales correspondientes porque envían señales al espíritu que es invisible. Estas células se ubican preferentemente en el área sensorial de la neocorteza.

6.3 Composición celular del sistema de comunicación

Nuestra predicción falsable dice: las neuronas del área de recepción o motora son huérfanas porque sus dendritas son excitadas por el espíritu, y las de las regiones de emisión o sensoriales son callejones sin salida terminales porque no transmiten una señal a nada en este mundo, sino al espíritu que las atrapa. Entonces, ¿qué son y dónde están estas células?

El problema es que hay unos 1000 tipos diferentes de células en el neocórtex (Masland [10] 2015). De ellos, los neurólogos exhiben alrededor de 10 en su vitrina. De ellos, 3 tipos de neuronas son suficientes para proponer una implementación de nuestro sistema de comunicación bidireccional en el cerebro: piramidales, Martinotti, y neuronas con autapsis, sinapsis consigo mismas. ¿Por qué?

En primer lugar, el neocórtex tiene seis capas, localmente paralelas al cráneo. El concepto de una jerarquía por capas desde la parte superior, la Capa 1 en la vecindad del cráneo, hasta la parte inferior, la Capa 6 al final de la materia gris, parece funcionar aceptablemente. Por lo tanto, si existen células neuronales huérfanas y terminales, deben estar en las capas superiores de la neocorteza.

La Capa 1 es muy rica en dendritas largas, la mayoría de las cuales provienen de las células piramidales de la capa 3, mientras que sus axones descienden hacia el interior del cerebro (Schuman [16] 2021). Las células piramidales existen en otras partes del cerebro además de la neocorteza. En particular, los trastornos en las que existen en el hipocampo están relacionados con la epilepsia (Lillis et al. [9] 2012). Esta es una de las razones por las que las células piramidales se consideran necesarias para las actividades conscientes.

Así, las células piramidales son nuestras candidatas para ser las células huérfanas que ejercen actividades motoras. Leen los comandos del espíritu con sus dendritas en la Capa 1 y producen una excitación que desciende a través de sus axones hacia el interior del cerebro.

En segundo lugar, las células de Martinotti que expresan somatostatina (SST) hacen exactamente lo contrario que las piramidales, con los axones subiendo a la Capa 1 y sus dendritas recibiendo información del cerebro interno. Entonces, estas podrían ser las neuronas terminales predichas que recopilan información del cuerpo y envían señales al espíritu.

En tercer lugar, tenemos que algunas células neuronales tienen autapsis (Bekkers [2] 2003). Estas celdas parecen apropiadas para la autoexcitación, una propiedad que es buena para construir relojes, una pieza fundamental de toda computadora.

Al tener candidatas a neuronas huérfanas y terminales, consideramos que hemos alcanzado el nivel de retórica aceptable. Sin embargo, inmediatamente se arrojan dudas.

6.4 Problemas

En primer lugar, tenemos que las dendritas de la Capa 1 no son presentadas por los neurólogos como huérfanas, sino como formando un gran tablero de interconexión que proporciona entradas de largo al-

cance. Pero, me parece que este tablero de interconexión es más una suposición forzada para evitar un misterio que un hecho comprobado.

En segundo lugar, la proporción de células piramidales es del 80%. Como les hemos asignado el papel de células huérfanas que la ciencia considera células motoras excitatorias, el área motora debería ocupar más de la mitad del neocórtex. Pero esto es falso, el área motora es aún menos extendida que la sensorial. Nuestra retórica nos permite responder: las células piramidales son una familia de posiblemente 5 o más miembros y juegan el mismo papel en el neocórtex que los transistores en los circuitos integrados, por lo que su función no depende de ellas mismos sino de la forma en que están interconectados. Solo necesitamos que una pequeña proporción de ellas sean huérfanas. Además, el sistema nervioso tiene una peculiaridad: parte de su codificación es asignando diferentes canales o fibras a diferentes tareas.

6.5 Cómo salir de la retórica

Nuestra Interpretación se basó en algo de conocimiento y demasiada imaginación. Para salir de este estado, necesitamos un conocimiento preciso sobre el neocórtex, concretamente sobre su estructura sináptica que nos permita responder: ¿Existen en la Capa 1 del neocórtex multitud de células huérfanas, cuyas dendritas no tienen interconexión, y de células terminales, cuyos axones no tienen sinapsis en absoluto? A juzgar por todo lo que sabemos, esta es una pregunta estúpida porque las sinapsis en una célula neuronal, incluidas las piramidales, se cuentan en el orden de billones (Zhang [18] 2019, Hawkins et al, [8] 2016) .

Sin embargo, la Capa 1 es muy extraña. Y también lo es la Capa 2. Por lo tanto, deben investigarse con precisión, dendrita por dendrita.

¿Es eso posible?

Sí, lo es. Precisamente, producir una estructura detallada de forma y conectividad de las neuronas es el objetivo definitorio de la **conectómica**, que ya ha presentado resultados asombrosos (Max Planck Gesellschaft [11] 2023, Das Gehirn [5] 2021).

Si el programa del Conectoma muestra que en la Capa 1 no hay dendritas huérfanas ni axones desconectados, nuestra predicción quedaría claramente falsada.

En ese caso, debemos inventar otra predicción importante y falsable. Precisamente, la retina nos presenta un desafío: es un conjunto de antenas electromagnéticas cuyas células receptoras son huérfanas y se distinguen porque tienen pigmentos que son los marcadores moleculares de visión. Por lo tanto, debemos predecir que las células huérfanas y terminales, las antenas de nuestro sistema de comunicación, deben tener marcadores moleculares distintivos. Hay que avanzar mucho para convertir esta intriga en una predicción falsable porque por el momento no podemos singularizar las propiedades esperadas de esos marcadores.

7 Comparación final

La palabra *avatar* proviene del sánscrito y significa encarnación de un dios: el espíritu del dios controla el cuerpo de su encarnación. Este es precisamente el sentido de nuestro discurso.

Consignemos el contraste entre las interpretaciones Robot y Avatar del cerebro en una tabla:

INTERPRETACIONES	
Robot	Avatar
Area Motriz	Subsistema de Recepción
Area Sensorial	Subsistema de Emisión
Area asociativa	Area asociativa
Célula Motora	Célula huérfana auto-excitable
Célula Sensorial	Célula Terminal
Nada	Marcador Molecular de emisión
Nada	Marcador Molecular de recepción

8 CONCLUSIÓN

Hemos presentado una implementación de la idea de que el cerebro puede interpretarse como un sistema de comunicación bidireccional del cuerpo con algo más que es invisible y que los cristianos llamamos espíritu. Aparentemente funciona. Pero para superar el nivel de la retórica barata, se necesita una confirmación de la Conectómica: en la Capa 3 del neocórtex existen células piramidales huérfanas cuyas dendritas alcanzan la Capa 1, pero que no reciben estimulación de ninguna otra neurona porque captan señales del espíritu. Y, también debe haber neuronas terminales, digamos de la clase SST Martinotti, cuyos axones llegan a la Capa 1 pero que no estimulan a ninguna otra neurona porque envían señales al espíritu. Necesitamos además determinar los marcadores moleculares que permiten la comunicación cuerpo-espíritu.

References

- [1] BENNETT, M. 2020
An Attempt at a Unified Theory of the Neocortical Microcircuit in Sensory Cortex. *Frontiers in Neural Circuits*, 14..

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncir.2020.00040/full>
7

- [2] BEKKERS, J. M. 2003
Synaptic Transmission: Functional Autapses in the Cortex. *Current Biology*, 13(11), R433-R435.
[https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(03\)00363-4](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00363-4)
13
- [3] ALICE FERNG 2022
Broadmann Areas Kenhub.
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/brodmann-areas>
9
- [4] FRIXIONE 2014
Consciousness and Neuronal Microtubules: The Penrose-Hameroff Quantum Model in Retrospect. In: Smith, C., Whitaker, H. (eds) *Brain, Mind and Consciousness in the History of Neuroscience. History, Philosophy and Theory of the Life Sciences*, vol 6. Springer, Dordrecht..
https://doi.org/10.1007/978-94-017-8774-1_16
4
- [5] DAS GEHIRN 2021
Das Connectome. *Das Gehirn* 30.04.2021, video 7 minuten.
<https://www.dasgehirn.info/grundlagen/das-konnektom/das-connectome>
15
- [6] GORDON, E.M., CHAUVIN, R.J., VAN, A.N. ET AL. 2023
A somato-cognitive action network alternates with effector regions in motor cortex. *Nature* .
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-05964-2>
7
- [7] HAGMANN P, KURANT M, GIGANDET X, THIRAN P, WEDEEN VJ, MEULI R, THIRAN JP. 2007
Mapping human whole-brain structural networks with diffusion MRI. *PLoS One*. 2007 Jul 4;2(7):e597. doi: 10.1371/journal.pone.0000597. PMID: 17611629; PMCID: PMC1895920.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1895920/>
7

- [8] HAWKINS, J., AHMAD, S. 2016
Why Neurons Have Thousands of Synapses, a Theory of Sequence Memory in Neocortex. *Frontiers in Neural Circuits*, 10. .
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncir.2016.00023/full>
14
- [9] LILLIS, K. P., KRAMER, M. A., MERTZ, J., STALEY, K. J., WHITE, J. A. 2012
Pyramidal cells accumulate chloride at seizure onset. *Neurobiology of Disease*, 47(3), 358-366. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2012.05.016>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969996112002021>
13
- [10] RICHARD H. MASLAND 2015
Neuronal cell types. *Cell, Magazine* R497.
[https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(04\)00440-3.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(04)00440-3.pdf)
12
- [11] MAX PLANCK GESELLSCHAFT 2023
The brain: with all its cells and their connections .
<https://www.mpg.de/7491772/connectome-retina>
15
- [12] NEURODOME 2015
Diffusion Tensor Imaging (DTI) revealing connectivity in the brain.
Youtube video 1 minute
<https://www.youtube.com/watch?v=atLQVgUwnrY>
7
- [13] NEUROTECHEDU 2023
Introduction to Neuroscience.
<http://learn.neurotechedu.com/introtoneuroscience/>
5
- [14] EDWIN OCRAN 2022
Cerebral Cortex Kenhub 2022.
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/cerebral-cortex>
6
- [15] RANZENBERGER LR, SNYDER T. [UPDATED 2022 JUL 26]
Diffusion Tensor Imaging. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL):

StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: .

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537361/>
7

- [16] SCHUMAN, B., DELLAL, S., PRÖNNEKE, A., MACHOLD, R., RUDY, B. 2021
Neocortical Layer 1: An Elegant Solution to Top-Down and Bottom-Up Integration. Annual review of neuroscience, 44, 221.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-100520-012117>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9012327/>
13
- [17] JANA VASKOVIĆ MD APRIL 12 2023,
Cytoarchitecture of cerebral cortex, Kenhub .
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/cortical-cytoarchitecture>
4
- [18] JIAWEI ZHANG 2019
Basic Neural Units of the Brain: Neurons, Synapses and Action Potential
Arxiv.
<https://arxiv.org/pdf/1906.01703.pdf>
14

All cited links were active by 19/V/2023