

ISBN 978-950-33-1673-3

Edición de
MARÍA PAULA BUTELER
IGNACIO HEREDIA
SANTIAGO MARENGO
SOFÍA MONDACA

Filosofía de la Ciencia

por Jóvenes Investigadores

vol.2

Filosofía de la Ciencia por Jóvenes Investigadores vol. 2

Edición de

María Paula Buteler
Ignacio Heredia
Santiago Marengo
Sofía Mondaca

Colecciones
del CIFYH 

Filosofía de la Ciencia por Jóvenes Investigadores vol. 2 / Ignacio Heredia ... [et al.]; editado por María Paula Buteler... [et al.]. - 1a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1673-3

1. Filosofía de la Ciencia. 2. Jóvenes. I. Heredia, Ignacio. II. Buteler, María Paula, ed.
CDD 121

Publicado por

Área de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades - UNC

Córdoba - Argentina

1º Edición



Área de

Publicaciones

Diseño de portadas: Manuel Coll

Diagramación: María Bella

Imagen de cubierta y contracubierta: Detalle del retrato de Carpenter (1836), autora: Margaret Sarah Carpenter. Imagen de dominio público editada por Martina Schilling.

Imagen de portads interiores: Retrato de Ada Lovelace, autore desconocido, circa 1840. Seis diseños en color por Ignacio Heredia.

2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.



Energía libre y mantos de Markov. **Una aproximación a las nuevas propuestas de las** **ciencias cognitivas desde el enactivismo radical**

Romina Inés Pogliani*

El presente trabajo tiene como objetivo trazar un breve recorrido de aportes que contribuyen a una integración de múltiples escalas en el ámbito de la cognición. Nos enfocaremos, en particular, en el Principio de energía libre variacional, de acuerdo con la propuesta de K. Friston (2010), y en los formalismos matemáticos de los que se vale, los mantos de Markov, postulados por J. Pearl (1988).

En primer lugar, haré un acotado esbozo acerca de los marcos de abordaje de las ciencias cognitivas, para desembocar en el enactivismo radical y el denominado “giro pragmático”. Tanto las posturas radicales del enactivismo que abogan por un descentramiento por completo del órgano cerebral en las ciencias cognitivas basadas en el Principio de Paridad (Hutto et al., 2013, 2017), como aquellas que priorizan dicho órgano en determinadas ocasiones en pos de un fin investigativo práctico particular (Ramstead et al., 2019), ponen en discusión dónde trazar los límites de lo cognitivo.

A partir de lo que estas perspectivas inauguran, el Principio de Energía Libre variacional y los mantos de Markov se vislumbran como vías posibles para la integración de múltiples escalas en el análisis de los agentes autoorganizados, entendidos como sistemas biológicos adaptativos capaces de mantener sus estados estables frente a un entorno en constante cambio, ya sea en el medio interno de un determinado organismo como en el medio externo. En dichas escalas, la reducción de los fenómenos físicos a los mencionados formalismos se propone como una nueva ontología variacional, denominada neuroetología variacional, cuyas consecuencias derivan en un pluralismo tanto ontológico como metodológico. Expondré brevemente dicho tema y señalaré algunas objeciones al Principio de Energía Libre que se evidencian en la aspiración de unificación y consistencia del marco explicativo.

* HyA, UNR / romina_pogliani14@hotmail.com

Algunos marcos de abordaje en las ciencias cognitivas

Para comenzar, podemos trazar un quiebre en lo que respecta al abordaje epistemológico en las ciencias cognitivas a partir de las llamadas visiones radicales de la cognición, la “triple E”¹ que se consolida en sus inicios, principalmente, con los aportes de F. Varela, en colaboración con autores como H. Maturana (1980), E. Thompson y E. Rosch (1991), y continúa con otros referentes situados en la misma línea que incorporan, además del aspecto de enactiva, aspectos como encarnada y extendida (*embodied, extended*) (Clark y Chalmers, 1998, Clark, 2017).

Ciertos polos han cobrado más fuerza que otros a lo largo del tiempo en el amplio campo de las ciencias cognitivas. La herramienta central y la metáfora que guía la investigación propia del cognitivismo es la de la computadora digital, bajo la hipótesis de que la cognición es la manipulación de los símbolos al estilo de éstas. La posición enactivista, por su parte, opera como un “paraguas” que cubre una variedad de propuestas no reducibles a un único marco teórico² e intenta ir más allá de ello; cuestiona la concepción de la cognición fundamentada en la representación, bajo la que suelen operar tres supuestos básicos: el hecho de que habitamos un mundo con propiedades particulares -como longitud, color, movimiento, sonido, etc.-, que recogemos o recuperamos esas propiedades representándolas internamente; y que hay un “nosotros” subjetivo separado que realiza estas acciones. Dichos supuestos derivan en un compromiso fuerte, a menudo tácito e incuestionable, con el realismo o el objetivismo/ subjetivismo sobre la forma en que el mundo es, lo que somos, y cómo llegamos a conocerlo (Varela et al., 2016). A lo que los autores que parten de una línea enactivista apuntan, por lo tanto, es a desarrollar una propuesta teórica que permita dismantlar tal compromiso, así como aproximaciones a una integración de varios niveles de organización (informacional, física, química, biológica, psicológica y sociocultural). De este modo, el abordaje enactivista no hace hincapié en un objetivismo o un subjetivismo; entiende que “la cognición no es la representación de un mundo dado

¹ Según señalan Hutto y Myin (2017), “la E es la letra, si no la palabra, en las ciencias actuales de la mente. Las E-aproximaciones (*E-approaches*) a la mente -aquellas que se enfocan en lo encarnado, enactivo, extendido, integrado (*embedded*) y ecológico de la mente son ahora una característica básica del paisaje de la ciencia cognitiva”.

² Para un análisis más detallado de las variadas vertientes de lo que se puede denominar como “post-cognitivismo” ver (Burdman, 2016).

previamente por una mente predeterminada, sino, más bien, la actuación (*enactment*) de un mundo y una mente sobre la base de una historia de la variedad de acciones que un ser en el mundo performa” (Varela et al., 2016, p. 9). Apelando al “paraguas teórico” antes señalado, nos centraremos en aquellas visiones radicales que permiten llevar adelante el análisis de los límites acerca de lo cognitivo a partir de formalismos anidados y múltiples, de modo que no incurran en un esencialismo ni en privilegiar o priorizar al cerebro, el cuerpo o el ambiente como factores en extremo determinantes para la delimitación. En este sentido, el Principio de Paridad (*Equal Partner Principle*), que corresponde a este tipo de posturas, sostiene que factores neurales, corporales y ambientales hacen contribuciones igualmente importantes cuando se trata de explicar la actividad cognitiva (Hutto et al., 2013, 2017), no obstante, para determinados casos de estudio, se objetará de parte del Principio de Energía Libre (variacional) -de aquí en adelante FEP por sus siglas en inglés, *Free Energy Principle*- los casos en que se proponga la descentralización por completo del órgano cerebral.

La cognición desde una perspectiva radical

El señalado Principio de Paridad aquí retomado sostiene que no se debe privilegiar al cerebro en las explicaciones orientadas a la cognición. Sin embargo, en algunas ocasiones, privilegiarlo parece ser necesario para dar cuenta de ciertos fenómenos que se quieran tener en consideración en el marco de una determinada investigación científica (Ramstead et al., 2019). Este es un punto crucial que deseamos destacar: dónde trazar los límites científicamente relevantes dependen tanto de la naturaleza del fenómeno que se investiga como de los fines explicativos que se persiguen (Clark, 2017). Las fronteras o límites cognitivos no son singulares, sino que, según la propuesta de formalización que analizaremos aquí, se encuentran anidados y varían. De este modo, la paridad también se traslada al orden de los límites metodológicos (Ramstead et al., 2019).

A partir del reciente trabajo de investigadores que se ocupan de abordar el problema de la cognición desde una perspectiva que trasciende las

fronteras disciplinares³, se señaló que la ciencia cognitiva ha sido dominada por un paradigma computacional-representacional, basado en las posturas que se remontan a la teoría de la representación de la mente. Así, se postula ahora que es posible hablar de un cambio de paradigma, denominado “giro pragmático”, que parte de la base de que la cognición no debe entenderse como una capacidad de derivar modelos del mundo para proporcionar una base de datos que apoye el pensamiento, la planificación y la resolución de problemas, sino que se apela a que los procesos cognitivos están estrechamente entrelazados con la acción.

De este modo, la cognición se entiende como la capacidad de generar estructuras por medio de la acción, donde el agente cognitivo está inmerso en su dominio de tareas; los estados de sistema adquieren significado a través de su papel funcional en el contexto mismo de la acción; se apunta a no separar el funcionamiento de los sistemas cognitivos de la corporización (embodiment); se enfatiza la naturaleza dinámica y la sensibilidad al contexto del procesamiento; y se tiene en cuenta la naturaleza extendida (Clark y Chalmers, 1998) de la cognición.

Posibilidades a partir de las posiciones radicales y el “giro pragmático”

Los aportes del campo de las neurociencias han sido de crucial importancia para el tratamiento de sistemas adaptativos, entre los que destacamos las formulaciones que K. Friston se encuentra desarrollando desde hace casi tres décadas. Una formulación integracionista de escala múltiple con los límites de la cognición basados en el FEP parecen marcar un hito en este ámbito.

El FEP es una formulación que se ha utilizado para explicar la estructura, la función y la dinámica del cerebro. En este contexto, el FEP con-

³ Nos referimos, particularmente, al trabajo sustanciado a partir del Foro Ernst Strüngmann (Engel et al., 2015) realizado en marzo del 2014, un evento apuntado a explorar las condiciones previas y las posibles consecuencias señaladas acerca del cuestionamiento de los límites y la naturaleza de lo cognitivo como un cambio de paradigma, que denominaron “giro pragmático”.

cuerda con el Procesamiento Predictivo⁴, describiendo el cerebro como una “máquina de inferencia” que minimiza el error de predicción al tratar de hacer coincidir las entradas sensoriales (*inputs*) que ingresan con las predicciones (codificadas neuronalmente) de arriba hacia abajo (*top-down*). No obstante, el FEP, trasciende la codificación predictiva al extenderse más allá del cerebro para explicar el comportamiento, el fenotipo y todos los demás fenómenos bióticos que abarcan escalas de tiempo evolutivo y conjuntos distribuidos espacialmente (Ramstead et al., 2017). Este es el punto crucial en el que encuentra sus fundamentos en el enactivismo radical.

Ahora bien, a partir de la publicación del famoso libro de Schrödinger, ¿Qué es la vida? (1964) -en el que destaca que los sistemas vivos son únicos entre los sistemas naturales porque parecen resistir la segunda ley de la termodinámica, al persistir como sistemas delimitados y autoorganizados a lo largo del tiempo-, se han desarrollado intentos por unificar los marcos explicativos para los sistemas vivientes por medio de la Teoría de sistemas evolutivos (Badcock et al., 2012, Badcock, 2017). El FEP da respuesta a esta cuestión señalando que cualquier sistema autoorganizado que esté en equilibrio con su entorno debe minimizar su energía libre, para resistir a la degradación y persistir en el tiempo. La energía libre, en este caso, es una medida en términos de la teoría de la información que restringe o limita la sorpresa, por tratarse de un límite superior a ella, al

⁴ El Procesamiento Predictivo (PP) es un marco explicativo que implica un principio computacional general, aplicable para describir la percepción, la acción, la cognición, y sus relaciones, y pretende hacerlo de un modo conceptualmente unificado. No es directamente una teoría sobre los procesos neuronales subyacentes (es computacional, no neurofisiológico), pero hay propuestas más o menos específicas acerca de cómo puede ser implementado por el cerebro. El PP se impone como un marco de relevancia filosófica en la medida que algunos de sus principios pueden aplicarse a las descripciones a niveles subpersonales de análisis (por ejemplo, computacionales o neurobiológicos); también pueden ser aplicados a las descripciones en el plano personal (por ejemplo, a los fenómenos agentivos, la estructura del razonamiento, o informes fenomenológicos que describen el contenido de la conciencia). Si bien hay quienes sostienen que es posible desarrollar los principios del PP sin invocar al FEP, el PP puede ser incorporado en el FEP, por lo que la minimización del error de predicción puede interpretarse como una forma de minimizar la energía libre (por lo que sería, entonces, un caso especial de FEP) (Wiese et al., 2017). No obstante, existen diversas objeciones al respecto y ello demanda un análisis pormenorizado que escapa a los fines expositivos de este trabajo, por lo que sólo adoptaremos la postura de que el PP se erige como un marco que puede dar respuesta al funcionamiento cerebral con sus determinadas limitaciones, pero el FEP se impone como un modo de abordar los agentes autoorganizados en términos más abarcativos.

muestrear algunos datos dado un modelo generativo; la entropía es la sorpresa media de los resultados muestreados a partir de una distribución de probabilidad o densidad, es decir, una medida de la incertidumbre (Friston, 2010). De acuerdo con este planteo, la energía libre es una cantidad teórica de información que limita (al ser mayor que) la entropía de los intercambios sensoriales entre un sistema biótico y el medio circundante. De este modo, un modelo generativo para dicho planteo supone una cartografía probabilística de las causas en el medio ambiente frente a las consecuencias observadas (por ejemplo, los datos sensoriales), mientras que la entropía se refiere al promedio a largo plazo de sorpresa (*surprise/surprisal*).

Según este principio, para que un sistema adaptativo resista a la disipación al tiempo que es parte de y, sin embargo, estadísticamente independiente de, el sistema más grande en el que está integrado (*embedded*), debe encarnar un modelo probabilístico de las interdependencias y regularidades estadísticas de su entorno (Ramstead et al., 2017). Al igual que en la física estadística, se trata al sistema como un conjunto de estados que evidencian una forma lo suficientemente robusta de independencia condicional, y aquí es donde los mantos de Markov entran en juego. Por medio de estos formalismos, se sostiene, es posible trazar una ontología formal, la neuroetología variacional (Ramstead et al., 2017, 2019), que nos permite individuar un sistema mediante la demarcación de sus límites en un sentido estadístico.

La neuroetología variacional implica que cualquier sistema cognitivo tiene una pluralidad de límites relevantes para su estudio científico; a saber, los límites de sus subsistemas relevantes. Por lo tanto, lo significativo para la delimitación del fenómeno cognitivo que se estudia por medio de estos modelos dependerá de cada investigación particular y los intereses explicativos de los investigadores. Tal delimitación no está decidiendo taxativamente, según se señala, una cuestión ontológica a priori, ya que los mantos de Markov son el resultado de la dinámica propia del sistema en cuestión. En cierto sentido, se deja que los sistemas biológicos tallen sus propios límites en el proceso mismo de aplicación de este formalismo (Clark, 2017). No obstante, el hecho de que el FEP sí sea a priori será materia de debate para ciertos investigadores en el campo de las ciencias cognitivas, como señalaremos.

En el caso de las cadenas de Markov, el siguiente estado del sistema depende sólo del valor del estado actual, lo que se denomina propiedad de Markov. Para el caso de los sistemas complejos, compuestos por varios nodos variables que interactúan, J. Pearl (1988) introdujo el concepto de manto de Markov con el objetivo de describir el conjunto de nodos de tal manera que, para un dado nodo X , el comportamiento de X podría predecirse completamente sólo conociendo los estados de los otros nodos⁵. Los estados de esos nodos vecinos fijan así condicionalmente el estado del nodo objetivo, independientemente de todos los demás estados del sistema, formando un manto de Markov que resguarda el nodo objetivo del resto de la actividad del sistema. A su vez, las organizaciones de mantos de Markov pueden anidarse dentro de una organización mayor. La entrada sensorial y la salida activa en dicho límite forma el llamado manto de tal manera que la observación de los estados de estas partes del sistema, junto con la observación de las expectativas previas del mismo, en principio, permitirá la predicción de su comportamiento como tal. Las causas más allá de este manto, así como los estados externos, se vuelven desinformativos una vez que se conocen los estados del mismo (Hohwy, 2016); de ahí la labilidad de estos formalismos para trazar delimitaciones.

Así, los agentes biológicos persisten porque la segunda ley se aplica sólo a los sistemas aislados (o cerrados); al intercambiar materia y energía con el medio ambiente, tales sistemas son capaces de preservar su propia integridad y orden. Lo hacen, por supuesto, sólo por incrementos del desorden en otro lugar (por lo tanto, “obedeciendo” la segunda ley). De este modo, entramos en el reino de la vida o de la adaptación de sistemas que buscan activamente y trabajan para crear las condiciones necesarias para su propia supervivencia (Clark, 2017).

Consideraciones finales

Si bien la aspiración que se manifiesta en el diseño de una propuesta aparentemente abarcadora, consistente y robusta acerca del funcionamiento de los sistemas adaptativos parece hacer justicia a la tan buscada unificación de escalas en la investigación, desde la biología, la química y la física,

⁵ En términos amplios, el manto de Markov para un determinado nodo objetivo se delimita por medio de sus nodos padres, sus nodos hijos y los padres de sus hijos.

es preciso señalar que se evidencian diversos puntos problemáticos para dudar de la mencionada consistencia.

En primer lugar, el FEP, tal como lo entiende K. Friston, es un principio, no una teoría ni una hipótesis científica susceptible de ser contrastada y falsada empíricamente. En sus términos, el FEP posee el mismo estatus que el principio de mínima acción de Hamilton (Friston, 2019), y es sólo una descripción formal de la dinámica que aplicamos a los agentes sensibles. No obstante, según señala, esto no quiere decir que las teorías de proceso que asisten al FEP no requieran pruebas. A pesar de que la imposibilidad de ser falsado despierta numerosos escepticismos (Bruinenberg et al., 2017), quienes defienden el FEP como tal señalan que el mismo es un principio a priori y puede utilizarse para derivar, de arriba hacia abajo (top-down), teorías a partir de principios que expliquen los rasgos característicos de los sistemas vivos. Al igual que el principio de mínima acción de Hamilton, el FEP podría (o no) aplicarse a los fenómenos propios de las ciencias de la vida; su alcance es limitado y, quienes se ocupan de robustecer la propuesta, sostienen que no tiene pretensión de una “Teoría del todo”. Sin embargo, cuando se visualiza la aspiración de explicar el modo de funcionamiento de los sistemas autoorganizados hasta el nivel de las interacciones socioculturales podemos poner tal salvedad en duda.

Como hemos visto, la ontología propuesta implica que cualquier sistema cognitivo tiene una pluralidad de límites relevantes para su estudio científico; aquellos que resulten de interés dependen del fenómeno que se estudia y los intereses explicativos de los investigadores. Algunos de estos límites son internos a los sistemas, los límites de los subsistemas anidados en todo el sistema u organismo (por ejemplo, células, conjunto de células u órganos); otros límites separan el organismo de su entorno (como la membrana de la piel); y otros todavía se extienden hacia afuera para incluir el organismo y los estados externos (por ejemplo, nichos construidos y patrones de prácticas culturales) (Ramstead et al., 2019). Cabe destacar, por lo tanto, que aquellas visiones radicales del enactivismo⁶ que bregan por el mencionado Principio de paridad, entendiendo a la cognición como un fenómeno relacional de diversos órdenes, encuentran grandes puntos de contacto con el marco del FEP. Sin embargo, este último apela a sos-

⁶ Al margen de las polémicas a tener en cuenta en torno a la posible conciliación de una perspectiva representacionista o no-representacionista en la dinámica de estos procesos. Para una discusión detallada al respecto ver (Clark, 2015), (Kiefer et al., 2017) y (Kirchhoff et al., 2018).

tener que los factores que contribuyen a los patrones de interés deben contemplar un criterio metodológico mediante el que se proyecta a la cognición como relacional en cada escala, sin por ello respaldar que ningún orden importa más que cualquier otro, pero no se relativiza el órgano o subsistema de interés implicado como objeto de estudio. Así, un pluralismo ontológico basado en los formalismos mencionados parece responder satisfactoriamente frente a tal conciliación al extenderse más allá del cerebro para explicar el comportamiento, el fenotipo y los demás fenómenos bióticos, como hemos señalado, lo que permite un enriquecimiento, a nuestro juicio, en el tratamiento de los agentes autoorganizados.

Finalmente, frente a los puntos de contacto más significativos entre el FEP y las visiones acerca del enactivismo radical, según considero, que conciernen al enriquecimiento de la discusión filosófica, resulta relevante señalar que toda modelización, sea delineada por el agente mismo, tal como sostiene el FEP, como por los investigadores involucrados, implica una simplificación y, por lo tanto, un recorte aislado del mundo en el que está inmerso. Si nos comprometemos con explicar el funcionamiento de los fenómenos que involucran a agentes autoorganizados a un nivel de interacciones socioculturales, por ejemplo, se corre el riesgo de incurrir en la definición de comportamientos rastreables, pero, posiblemente, en extremo reduccionista debido a la inconmensurabilidad de las variables involucradas. No obstante, la aplicación de dicho marco parece resultar fructífero en la medida en que es adoptado para el análisis a una pequeña escala, en tanto es posible controlar una mayor cantidad de variables para un determinado entorno, por lo que resulta fundamental poner atención en las teorías de proceso que asisten al FEP.

Referencias Bibliográficas

- Badcock, P. B., Davey, C. G., Whittle, S., Allen, N. B. y Friston, K. J. (2017). The depressed brain: an evolutionary systems theory. *Trends Cogn Sci*, 21, 182–94.
- Badcock, P. B. (2012). Evolutionary systems theory: a unifying meta-theory of psychological science. *Rev Gen Psychol*, 16, 10–23.

- Bruinenberg, J., Hesp, C. (2017). Beyond blanket terms: challenges for the explanatory value of variational (neuro-) ethology, comment on “‘Answering Schrödinger’s question: a free-energy formulation’ by Maxwell James Désormeau Ramstead et. al”. *Physics of Life Reviews*, 24, 37–39.
- Burdman, F. G. (2016). El post-cognitvismo en cuestión: extensión, corporización y enactivismo. *Principia: an international journal of epistemology*, 19(3), 475. En: <https://doi.org/10.5007/1808-1711.2015v19n3p475>.
- Clark, A. y Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7–19.
- Clark, A. (2015). Radical predictive processing. *The Southern Journal of Philosophy*, 53, 3–27.
- Clark, A. (2017). How to knit your own Markov blanket: resisting the second law with metamorphic minds. En Metzinger, T. y Wiese, W. (Eds.), *Philosophy and Predictive Processing* 3. MIND Group.
- Engel, A. K., Friston, K. J., y Kragic, D. (Eds.). (2015). *The pragmatic turn: toward action-oriented views in cognitive science*. The MIT Press.
- Friston, K. (2019). Beyond the desert landscape. En Colombo, M., Irvine, E., Stapleton, M. (Eds.), *Andy Clark and his critics* (pp. 174–190). Oxford University Press.
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat Rev Neurosci*, 11, 127–138. En: <https://doi.org/10.1038/nrn2787>.
- Friston, K. J., Daunizeau, J., Kilner, J. y Kiebel, S. J. (2010). Action and behavior: a Free-Energy formulation. *Biological Cybernetics*, 102, 227–260.
- Hohwy, J. (2013). *The Predictive Mind*. Oxford University Press.
- Hohwy, J. (2016). The self-evidencing brain. *Noûs*, 50(2), 259–285. En: <https://doi.org/10.1111/nous.12062>.



- Hutto, D. y Myin, E. (2013). *Radicalizing enactivism: basic minds without content*. The MIT Press.
- Hutto, D. y Myin, E. (2017). *Evolving enactivism: basic minds meet content*. The MIT Press.
- Kiefer, A., y Hohwy, J. (2018). Content and misrepresentation in hierarchical generative models. *Synthese*, 195(6), 2387–2415. En: <https://doi.org/10.1007/s11229-017-1435-7>.
- Kirchhoff, M. D., y Robertson, I. (2018). Enactivism and predictive processing: a non-representational view. *Philosophical Explorations*, 21(2), 264–281. En: <https://doi.org/10.1080/13869795.2018.1477983>.
- Pearl, J. (1988). *Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference*. Morgan Kaufmann.
- Ramstead, M. J. D., Badcock, P. B., y Friston, K. J. (2018). Answering Schrödinger's question: a free-energy formulation. *Physics of Life Reviews*, 24, 1–16. En: <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2017.09.001>.
- Ramstead, M. J. D., Kirchhoff, M. D., Constant, A., y Friston, K. J. (2021). Multiscale integration: beyond internalism and externalism. *Synthese*, 198(S1), 41–70. En: <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02115-x>.
- Varela, F. J., y Maturana, H. (1980). *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Boston: Reidel.
- Varela, F. J., Thompson, E. y Rosch, E. (2016). *The embodied mind: cognitive science and human experience*. The MIT Press.
- Wiese, W. y Metzinger T. (2017). Vanilla PP for philosophers: a primer on predictive processing. En Metzinger, T. y Wiese, W. (Eds.), *Philosophy and Predictive Processing*. MIND Group.