

Descarga corolaria

Un mecanismo neural con algunas implicaciones filosóficas

Corollary discharge

A neural mechanism with some philosophical implications

Prchal, Abigail 

Universidad Nacional de Tucumán
aprchal@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se analiza un mecanismo neurofisiológico que permite que el sistema nervioso discrimine si la actividad en la entrada sensorial se originó fuera del organismo o si es consecuencia de los movimientos que realiza el propio organismo. Este mecanismo es la descarga corolaria o copia eferente. Brevemente, este mecanismo consiste en un centro capaz de cotejar la orden motora con la actividad que el movimiento produjo en la entrada sensorial. Se discute si este mecanismo puede aportar alguna luz a problemas filosóficos como las paradojas, el principio de realidad y el problema de la voluntad.

Palabras Claves: *Descarga corolaria, autoreferencia, voluntad, realismo*

Abstract

In this work, a neurophysiological mechanism that allows the nervous system to discriminate whether the activity in the sensory input originated outside the organism or if it is a consequence of the movements carried out by the organism itself, is analyzed. This mechanism is the corollary discharge or efferent copy. Briefly, this mechanism consists of a center able to comparing the motor command with the activity that the movement produced in the sensory input. It is discussed whether this mechanism can shed some light on philosophical problems such as paradoxes, the reality principle and the problem of will.

Keywords: *Corollary Discharge, self-reference, free will, realism*

A E.E. Décima y J.A. Zeballos, *in memoriam*

1 Introducción

Debo gran parte de las ideas que discuto en este trabajo a dos personas. En primer lugar, a mi director de tesis doctoral, Emilio E. Décima. A fines de los '90, en el laboratorio de Neurociencia llevamos a cabo algunos interesantes experimentos sobre los *nervi nervorum* (fibras nerviosas que inervan nervios). Mantuvimos largas charlas sobre los resultados de esos trabajos (que quedaron inéditos) y una idea

sugere que él repetía a menudo: la autoreferencia es patológica. De esta afirmación a buscar en la copia eferente un mecanismo para evitar autoreferencias en el procesamiento sensorial había solo un pequeñísimo salto.

Años más tarde, hablando con el Dr. J. Alberto Zeballos sobre las paradojas, volví a cruzarme con el tema de la autoreferencia. Entre la fascinación del Dr. Zeballos por las paradojas y la atracción que siempre me produjeron las implicaciones de la descarga corolaria (o copia eferente), varias discusiones y puestas en común, surgieron dos trabajos que presentamos en sendos congresos.¹ Parte de esas ponencias se repiten en el presente escrito.

Comenzaré por presentar la descarga corolaria o copia eferente, un mecanismo neural bastante conocido y estudiado (al menos en Neurociencias). Luego esbozaré algunas posibles relaciones de este mecanismo con viejos problemas filosóficos como el realismo, la auto-referencia y la voluntad.

2 La Descarga Corolaria o Copia Eferente

Cuando caminamos, las imágenes de los objetos en el espacio que nos rodea cambian constantemente en nuestras retinas. Además, todos los movimientos oculares sacádicos (que, en condiciones normales, ocurren cada 0.2/0.8 segundos), producen desplazamientos rápidos de las imágenes en la retina. Pese a ello, percibimos el mundo que nos rodea como estable, los objetos de ese espacio extra personal están quietos en su propio espacio. Por otra parte, cuando seguimos un objeto que se mueve, por ejemplo un pájaro en el aire, la imagen es más o menos estable en la retina pero se percibe correctamente el movimiento del objeto. La constancia del mundo visual a pesar de los movimientos de los ojos, la cabeza o el cuerpo entero, intrigó a los pensadores desde la antigüedad. De hecho, Grüsser (1986a) rastrea las primeras respuestas a este problema en pensadores presocráticos como Empédocles y Demócrito.

En términos generales, cualquier movimiento del organismo producirá cambios en la entrada sensorial. Esto introduce cierta ambigüedad en el sistema, puesto que los receptores sensoriales no tienen la capacidad de discriminar el origen (externo o autogenerado) de los estímulos que los excitan. En otras palabras, el *input* sensorial es invariante con respecto a la procedencia del estímulo. Es necesario, por tanto, que el sistema nervioso cuente con un mecanismo que permita distinguir lo que proviene del ambiente de lo que el propio organismo genera.

Las primeras ideas modernas de solución al problema fueron postuladas, independientemente, a principios del siglo XIX, por Bell (1823), Purkinje (1825) y, posteriormente, por Helmholtz (1866)(Grüsser 1986a, 1986b). Sin embargo, Sperry (1950) y von Holst (von Holst y Mittelstaedt 1950; Holst 1973) fueron quienes en 1950, también de modo independiente, demostraron experimentalmente un mecanismo capaz de dar respuesta a lo que, hasta ese momento, era un intrigante problema neurofisiológico. Sperry llamó “descarga corolaria” al mecanismo, en tanto von Holst lo denominó “copia eferente”. Algunos autores establecen diferencias entre copia eferente y descarga corolaria; a los fines de este trabajo, no precisaremos entrar en sutilezas neurofisiológicas, por lo que trataremos ambos términos como sinónimos.

La descarga corolaria o copia eferente consiste en un centro capaz de cotejar la orden motora con la actividad que el movimiento produjo en la entrada sensorial. El sistema motor envía, a ese centro, una copia de la orden que irá al músculo (la copia eferente o descarga corolaria). De este modo, la comparación entre la actividad sensorial esperada (debida al movimiento comandado) y la actividad sensorial realmente ocurrida, permite que el sistema resuelva cualquier confusión sobre el origen del *input* sensorial (Figura 1). Por otra parte, este mismo circuito tiene una importante función en la corrección, momento a momento, del movimiento, puesto que permite detectar cualquier discrepancia entre lo comandado y lo realmente ejecutado.

1. “La auto-referencia como límite al conocimiento” XXVII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia y “Realismo y sistemas sensoriales” XXVIII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia

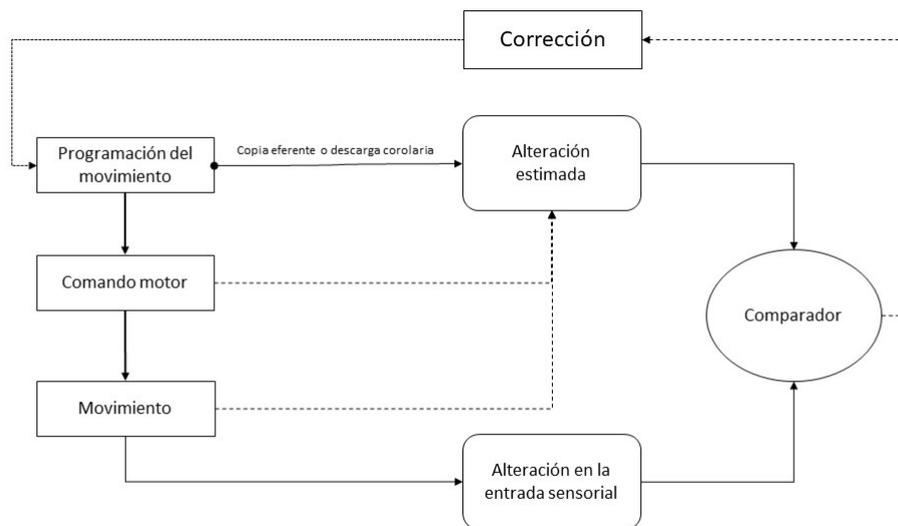


Figura 1: Esquema de los circuitos neurales que componen la descarga corolaria o copia eferente. Una vez que el movimiento se programa el sistema nervioso envía una orden (o comando motor) a los músculos que producirán el movimiento. Una copia de esta orden es enviada a un centro comparador capaz de estimar las discrepancias en la entrada sensorial entre la alteración estimada y la alteración realmente ocurrida. Si este centro no detecta diferencias, la alteración en la entrada sensorial se descarta. Cualquier discrepancia detectada por este centro comparador, no sólo producirá alteraciones en el sistema sensorial, sino que también permitirá al sistema motor corregir el movimiento. Como puede observarse en el esquema, la copia eferente puede tener su origen en diversos niveles del sistema motor.

En términos de nuestra percepción subjetiva diríamos que la descarga corolaria permite que veamos el mundo como estable por mucho que nuestros ojos, cabeza o cuerpo se muevan y, por lo tanto, cambien las imágenes que impactan en la retina. El ejemplo de la constancia del campo visual es el primero que fue considerado y el de más fácil comprensión, pero el mecanismo descarga corolaria existe en la mayoría de los sistemas sensoriales. Esta comparación puede ocurrir a diferentes niveles del sistema nervioso, desde la periferia (actuando directamente sobre los receptores), o en niveles centrales.

La distinción sobre el origen interno o externo de la actividad sensorial es, sin duda alguna, una importante ventaja adaptativa, tanto en lo que se refiere al procesamiento de la información sensorial como para la coordinación motora. En efecto, a lo largo de la escala evolutiva los diferentes organismos parecen haber solucionado el problema del origen de la actividad sensorial con un mecanismo notablemente uniforme (Crapse y Sommer 2008). Tal es así, que un mecanismo de este tipo fue descrito en el nematodo *C. elegans* (Rankin 1991), un invertebrado inferior con un sistema nervioso muy sencillo (tiene sólo 302 neuronas) y un repertorio conductual relativamente simple (White et al. 1986).

Como concepto teórico, la Descarga Corolaria tiene una historia muy rica, desde 1950 a hoy, se ha acumulado gran cantidad de evidencia. Sabemos que la división entre sistemas motor y sensorial es artificial. No hay acto sensorial puro. Del mismo modo es difícil concebir el movimiento sin información sensorial que lo guíe y corrija momento a momento. La evidencia disponible actualmente muestra que el intercambio de información entre áreas motoras y sensoriales es ubicuo.

La evidencia que repasaremos brevemente en lo que sigue, proviene de estudios psicofísicos y neurofisiológicos. Estos trabajos muestran que la copia eferente, que permite resolver la ambigüedad de la entrada sensorial y contribuye con el control del movimiento, podría tener otras funciones.

3 La copia eferente y la autoreferencia

La etimología del término auto-referencia nos remite al prefijo griego “auto” (= “a sí mismo o por sí mismo”) y al verbo latino “refero” que se traduce como “llevo nuevamente” o “re-conduzco a”. De acuerdo con ello, la auto-referencia puede describirse como una proposición, fórmula, órgano o sistema que se refiere, se dirige, aplica, alude o afecta a sí mismo. En lógica y matemática toma la forma de autovaloración (o valores propios: verdadero, falso, axioma, teorema, demostrable, decidible...). En psicología, lingüística y filosofía, el término se utiliza en relación con la capacidad del ser humano de conocerse y hablar de sí mismo. En computación y teoría de los sistemas es la capacidad de un sistema de actuar sobre sí mismo. En este caso, se puede pensar en el sistema *in toto* actuando sobre sí mismo o en una parte del sistema, cuya acción influye en el sistema completo. Este último es el caso de los bucles de retroalimentación negativa, mecanismos necesarios en diversos sistemas, desde el sencillo termostato de las domésticas planchas de ropa hasta la más sofisticada robotización, pasando por la regulación de diversas variables fisiológicas.

Los organismos biológicos pueden considerarse como sistemas con capacidad auto-referencial. Algunas actividades del organismo (o de alguna de sus partes) actúan (se refieren o se reflejan) sobre todo el organismo. *Grosso modo*, se podría distinguir dos tipos de auto-referencia: por un lado, la actividad de un órgano (sistema o parte del organismo) que afecte el organismo completo (parte a todo). Por otro lado, el caso en el que la actividad de un órgano se ejerce sobre sí mismo (parte a parte o auto-referencia propiamente dicha). El primer tipo de auto-referencia es bastante común y es un mecanismo con funciones adaptativas claras. Por otra parte, el segundo tipo, en el que el órgano ejerce su función sobre sí mismo, produce patología. La úlcera péptica es un claro ejemplo de este segundo caso.

La mayoría de las actividades y funciones destinadas a mantener la constancia del medio interno (u homeostasis) serían un caso de auto-referencia. Considérese, como ejemplo, el caso de la regulación de la viscosidad de la sangre: cierto grupo de neuronas del Sistema Nervioso Central (SNC) mide la densidad o viscosidad sanguínea. Si aumenta la densidad, estas neuronas pondrán en marcha dos mecanismos para

disminuirla: secretar hormona antiidiurética y comandar conductas tendientes a aumentar la ingesta de líquidos (sed). Si la viscosidad disminuye demasiado, se pondrán en marcha mecanismos para eliminar líquidos (aumenta la producción de orina). De este modo, el SN controla diversas actividades (hormonales, renales y conductuales) que actúan en conjunto para regular una variable (la viscosidad sanguínea) que afecta a todo el organismo. Este tipo de actividad regulatoria, que puede definirse como mecanismo de retroalimentación negativa, es muy común: de este modo se controla la temperatura interna, el nivel de azúcar de la sangre, los niveles hormonales, los gases en sangre, el pH de espacio intersticial, etc.

Ahora bien, cabe preguntarse qué pasa cuando la acción de una parte del sistema actúa sobre sí misma, no ya sobre el sistema completo. Los sistemas biológicos tienen mecanismos para impedir que este tipo de auto-referencia “local” ocurra, puesto que impediría la correcta realización de la función del órgano en cuestión. Lo que se está afirmando aquí es que la función de un órgano (o subsistema) no puede ser auto-referencial, si se define como acción sobre sí mismo. Como ejemplos se puede nombrar: la retina que “ve” al mundo, pero no se ve a sí misma; el estómago digiere todo (o casi), sin embargo, no se digiere a sí mismo. En otras palabras, la auto-referencia como una función que se revierte y actúa sobre el órgano que la produce, será patológica. El caso del estómago es el más gráfico. En la fase gástrica de la digestión, el estómago, aparte de contraer sus paredes para amasar el bolo alimenticio, vacía el jugo producido por sus glándulas en su propia cavidad. Este jugo gástrico es un potente proteolítico, capaz de descomponer los alimentos, sin afectar la integridad de la pared gástrica. Para decirlo llanamente: el estómago digiere cualquier tipo de compuesto proteico, excepto a sí mismo. Esto se debe a que existen varios mecanismos que activamente lo evitan (protegen la pared gástrica del efecto autodigestivo). Si por alguna causa estos factores disminuyesen su actividad, aparecería entonces una auto-referencia (el efecto autodigestivo), claramente patológica: la úlcera gástrica.

Podemos pensar en tres posibilidades de actividad auto-referencial en el SNC. En primer lugar, nombraremos una serie de estudios, más o menos recientes, en los cuales se ha visto que habría áreas específicas de la neocorteza que se activan cuando el sujeto realiza tareas (habla, piensa o recupera memorias) que se refieren a sí mismo, esto es auto-referenciales. Esta es un área de desarrollo relativamente reciente, ya que sólo ha sido posible a partir de técnicas como la resonancia magnética funcional que permiten estudiar la actividad cortical desde el exterior. Aquí lo que se estudia es cómo una actividad auto-referencial se relaciona con la actividad de zonas específicas del SNC. No se trata del SNC actuando sobre sí mismo, pero sería un mecanismo que nos permitiría distinguir actividades autoreferenciales (Northoff et al. 2006).

En segundo lugar, nos parece interesante traer a colación el hecho de que el SNC, que puede definirse como un órgano de procesamiento de información, no recibe ni procesa información sobre sí mismo. El SNC recibe información sobre el estado de todos los órganos del cuerpo; tanto de los órganos sensoriales, como de músculos y vísceras. Aun cuando no toda esa información llegue a ser contenido de la conciencia, toda esa información es procesada en el SNC. Gracias a diversas técnicas anatómicas se conoce con bastante precisión y detalle por qué caminos “viaja” la información desde cualquier zona del cuerpo y a qué área del SNC llega. Asimismo, sabemos que los nervios periféricos están inervados (por los *nervi nervorum*), si bien la función de esta inervación no se ha establecido claramente. El SNC, en cambio, no está inervado y, por lo tanto, no recibe información sobre sí mismo.

Finalmente, la descarga corolaria permite que el SN sea capaz de distinguir si los cambios que ocurren en un sistema sensorial se deben a cambios que ocurrieron en el mundo exterior o fueron producidos por cambios autogenerados, comandados por el mismo SN. Nos parece claro que esta copia eferente o descarga corolaria es un mecanismo para impedir la actividad auto-referencial.

Ahora bien, estos hechos plantean algunas cuestiones sobre las posibilidades del autoconocimiento y del conocimiento en general. La primera y, tal vez, la más obvia, es la posibilidad de conocer acabadamente cómo funciona nuestro sistema nervioso. Así como el ojo no es capaz de verse a sí mismo, cabe preguntarse hasta qué punto nuestro sistema nervioso nos permitirá conocer sus entresijos, o, dicho de otro modo, hasta qué punto seremos capaces de resolver el problema mente-cerebro.

Una segunda cuestión, se relaciona con las paradojas. Como se sabe, un enunciado auto-referencial, al predicar implícita o explícitamente una propiedad incompatible consigo mismo, produce la paradoja de admitir valores de verdad contrapuestos, en pugna evidente con los principios de no contradicción y tercero excluido. Es el caso de la Paradoja del mentiroso, atribuida a Epiménides.

Los intentos de excluir las paradojas (o la posibilidad de su ocurrencia) en lógica y matemáticas buscaron excluir las posibilidades de autorreferencia. No me extenderé aquí en esos intentos que han sido estudiados y descritos por numerosos autores.

Quiero referirme, en cambio, la coincidencia entre los circuitos de retroalimentación arriba descritos y los bucles gráciles o extraños que son motivo del maravilloso libro de Hofstadter (Hofstadter 2011). Al describir la paradoja de Russel, Hofstadter afirma que este tipo de paradojas podrían describirse como algo patológico (23). Los conjuntos que “se devoran a sí mismos” son llamativamente similares al caso del estómago que se digiere a sí mismo. Hofstadter no sigue esta línea de pensamiento (la idea de afirmaciones patológicas le parece una respuesta evasiva). No parece tan superficial si consideramos las llamativas similitudes entre estos bucles extraños, estas serpientes que se devoran a sí mismas en el lenguaje y en la fisiopatología (úlceras pépticas, delirios como describiré abajo). Se plantea así hasta qué punto deberíamos considerar la autorreferencia como un límite a las posibilidades del conocimiento.

4 La descarga corolaria y el realismo

La Descarga Corolaria ¿podrían utilizarse como fundamento de la existencia de un mundo real, independiente del sujeto cognoscente? ¿Puede la neurobiología dar una respuesta a la antigua disputa ontológica entre idealismo/realismo y el correspondiente antagonismo gnoseológico de racionalistas y empiristas?

Comencemos por reconocer que, el principio de realidad no es cuestionado por los científicos en general, ni por los biólogos en particular (no parece tener sentido estudiar algo cuya existencia se niega o pone en duda). Los filósofos, por su parte, lo consideran un *supuesto ontológico* –indemostrable– de las ciencias. En el caso de la neurobiología, parafraseando a I. Hacking (Hacking, 1984), diríamos “si hay un órgano receptor sensorial para codificarlo, entonces ese estímulo existe”. Es arduo discutir que la existencia de órganos sensoriales tienen como prerrequisito la existencia de un mundo para ser codificado (Boulter 2004). Pero si, además, existe un mecanismo neural cuya función es diferenciar estímulos generados por el exterior de los autogenerados, parece aún más innegable la existencia de una realidad independiente. En otras palabras, existe un mecanismo como la copia eferente que permite distinguir si la actividad en cualquier sistema sensorial se debe o no a eventos independientes o externos al organismo. Este mecanismo es ubicuo en la escala filogenética. En base a ello, podría afirmarse, sin especular demasiado, que la copia eferente podría funcionar como el filosóficamente anhelado principio de realidad y que el SN y la fisiología sensorial afirman la existencia de un mundo real extra-subjetivo.

Ahora bien, si el razonamiento anterior no fuera suficiente, algunos datos neurofisiológicos en pacientes esquizofrénicos mostrarían, en principio, la importancia de la Descarga Corolaria como principio de realidad. En primates y humanos se han estudiado los diversos componentes de los potenciales electrocorticales relacionados con la voz del sujeto (potenciales evocados) (Creutzfeldt, Ojemann y Lettich 1989; Eliades y Wang 2003, 2008). Entre estos componentes hay una onda negativa, la N100, que estaría relacionada con la copia eferente. Lo interesante del caso es que se ha mostrado que pacientes esquizofrénicos que padecen alucinaciones auditivas (escuchan voces) no producen esta N100 en respuesta a su propia voz.

Si aceptamos la noción de H. Jackson de que el pensamiento es la forma más evolucionada y compleja de actividad motora, sería de esperar produjera copias eferentes como cualquier otra forma de motricidad. Entonces, la alucinación, como un trastorno del pensamiento, podría explicarse por fallos en este mecanismo (Feinberg, 1978). Del mismo modo, fallos en la descarga corolaria, que producirían incapacidad para distinguir sensaciones autogeneradas de sensaciones generadas externamente, es una buena

explicación para las alucinaciones (Feinberg 2011). La ausencia de la onda N100 en pacientes esquizofrénicos es explicación plausible de las alucinaciones auditivas que serían, justamente, la incapacidad de distinguir entre un estímulo externo (la voz de otro, p.ej.) y uno autogenerado (la propia voz) (Feinberg 2011; Feinberg y Guazzelli 1999; Ford et al. 2001; Li et al. 2002).

Las alucinaciones y los sueños podrían definirse como estados en los que las percepciones son completamente dependientes de un estado cerebral (dicho de otro modo, independientes de cualquier objeto externo al sujeto). En ambos casos, el contenido de esos perceptos es indistinguible para el sujeto de la percepción de objetos externos. Como bien señala Perogamvros (2014), los delirios y la actividad onírica han sido utilizados por diversos filósofos para bregar por un idealismo subjetivo extremo o mínimamente por cierta desconfianza sobre las experiencias perceptuales. Las alucinaciones, sabemos ahora, son estados francamente patológicos y, por tanto, no deberían utilizarse para argumentar sobre todas las experiencias sensoriales. Los sueños, plantean otro tipo de desafío, en tanto la actividad onírica no es patológica.

5 La voluntad

Una última cuestión que quiero esbozar aquí, tiene que ver con la voluntad, esa familiar experiencia subjetiva de que yo decido y comando los movimientos de mi propio cuerpo (sino todos, al menos la mayoría de ellos).

Las discusiones filosóficas entre las posibilidades de un libre albedrío o un completo determinismo de la conducta humana tienen una extensa historia. Es también un tema central en el debate del problema mente-cerebro, si bien es poco usual que se lo trate exhaustivamente en este marco. Debe reconocerse, finalmente, las implicaciones ético-morales de negar la existencia de un yo o una mente capaz de decidir realizar una acción determinada.

El estudio de la neurofisiología de los diferentes tipos de movimientos (automáticos o reflejos y voluntarios), es de larga data. La actividad del músculo esquelético puede observarse a simple vista y puede registrarse fácilmente por medio de electrodos, por ello pudo abordarse con anterioridad y con mayor precisión que la actividad sensorial. Ya a principios del siglo pasado Sherrington realizó una serie de detallados experimentos sobre la actividad motora e intentó una descripción del “sentido muscular” (Matthews 1982).

En condiciones normales, los seres humanos no tenemos ninguna dificultad en reconocer una acción de nuestro cuerpo como voluntaria o no, en el sentido de que podemos distinguir claramente si hemos tenido o no la intención de realizar esa acción en particular. Esta capacidad de mover nuestro cuerpo voluntariamente es importante para nosotros, de hecho, quienes pierden esa capacidad lo lamentan profundamente. Por otra parte, este reconocimiento de nuestra propia voluntad es tan claro que no dudamos en adscribir voluntad a nuestros congéneres y a muchos otros mamíferos.

A pesar de ello, la definición de la voluntad ha presentado casi tantas dificultades como la de la conciencia. Por lo general, la voluntad se define en contraposición con los movimientos no voluntarios (sean automáticos o reflejos). De este modo, la actividad voluntaria puede caracterizarse como generada internamente y espontánea (no es respuesta a un estímulo externo); por ser controlada por el individuo (no es ni hábito ni automatismo); se trata de acciones dirigidas a un fin, guiada por razones, valores y consecuencias; y acompañada por una experiencia subjetiva de ese control y de esas razones para actuar (para una revisión sobre el tema ver (Haggard 2019).

Volviendo a nuestro tema, se ha propuesto que reconocemos nuestras acciones como propias por medio de mecanismos centrales que predicen las consecuencias sensoriales de la acción, i.e., mecanismos de copia eferente o descarga corolaria. Varias líneas de evidencia fundamentan esta hipótesis.

Para comenzar, el hecho de que no podamos hacernos cosquillas a nosotros mismos. En una serie de divertidos experimentos se estudió este fenómeno. En un primer conjunto de experimentos (Blake-

more, Wolpert y Frith 1998; Weiskrantz, Elliott y Darlington 1971), los sujetos (voluntarios sanos) , se tocaban a sí mismos con un brazo robótico. Este artificio permitía introducir demoras (de 50 a 300 milisegundos) entre la orden y su ejecución. A medida que esta demora se incrementaba, fue más probable que los sujetos informaran sentir cosquillas. Estos resultados sugieren que la atenuación sensorial de la estimulación táctil autoproducida se debe a predicciones sensoriales precisas. Cuando no hay retraso, la descarga corolaria predice correctamente las consecuencias del movimiento y no sentimos cosquillas. Cuando la sensación se desvía de la predicción (aumento de la demora) la discrepancia produce una disminución de la atenuación sensorial. Un segundo conjunto de experimentos, utilizando resonancias magnéticas funcionales, mostró que las áreas corticales que se activan difieren si el sujeto se toca a sí mismo o si es estimulado por otro (Blakemore, Wolpert y Frith 1998). Estas áreas se relacionan con los circuitos centrales en los que la evidencia indica que ocurriría la descarga corolaria. Estas zonas comprenderían el área somatosensorial secundaria, la corteza cingulada, el cerebelo y parte del lóbulo parietal (Blakemore 2009).

En segundo lugar, algunos problemas neurológicos también serían indicativos de que la descarga corolaria central tiene algún rol en nuestras sensaciones de control de la acción. Se ha informado que pacientes con lesiones del lóbulo parietal presentan trastornos en el reconocimiento de sus propias acciones (Sirigu et al. 1999; Wolpert, Goodbody y Husain 1998). Estas evidencias se complementan con estudios de neuroimagen en pacientes esquizofrénicos incapaces de reconocer parte de sus acciones como propias (Frith, Blakemore y Wolpert 2000).

En resumen, la evidencia disponible sugiere que la sensación de control sobre nuestras acciones se debe a una descarga corolaria desde las áreas motoras hacia el lóbulo parietal y el cerebelo (Blakemore 2009; Hallett 2007, 2009).

6 Conclusiones

La historia del pensamiento muestra cómo las ciencias van elucidando viejos problemas filosóficos y viceversa. Quizás sea este uno de los más destacados méritos de la epistemología. La propuesta de este artículo fue mostrar una interacción conceptual entre el mecanismo biológico de la *descarga corolaria* y la autoreferencia semántica, y la vieja disputa racionalismo/empirismo y realismo/idealismo.

Los organismos biológicos tienen mecanismos específicos que impiden que las funciones se autoreferan sobre el órgano que ejecuta esa función. Cuando estos mecanismos fallan, aparecen patologías. En el caso de las paradojas formales y semánticas, la causa parece ser la autorreferencia que crea bucles extraños.

Por otra parte, la falla de alguno de estos mecanismos, a nivel del SNC, podría explicar la ocurrencia de delirios, con lo cual aparece el problema de la existencia de una realidad independiente del sujeto cognoscente.

A lo largo de la historia de la filosofía puede apreciarse cómo los pensadores basaron sus especulaciones y tratados en la mejor evidencia disponible en su tiempo. Podría entonces ser conveniente que la filosofía contemporánea considere o tenga en cuenta los actuales desarrollos de la neurociencia.

Referencias

- Blakemore, Sarah-J., Daniel M. Wolpert y Chris D. Frith. 1998. "Central Cancellation of Self-Produced Tickle Sensation". *Nature neuroscience* 1 (7): 635-640.
- Blakemore, Sarah-Jayne. 2009. "How We Recognize Our Own Actions". *Downward causation and the neurobiology of free will*, 145-151.

- Boulter, Stephen J. 2004. "Metaphysical Realism as a Pre-Condition of Visual Perception". *Biology & Philosophy* 19, n.º 2 (marzo): 243-261. ISSN: 0169-3867. <https://doi.org/10.1023/B:BIPH.0000024405.82013.34>.
- Crapse, Trinity B. y Marc A. Sommer. 2008. "Corollary Discharge across the Animal Kingdom". *Nature Reviews Neuroscience* 9, n.º 8 (agosto): 587-600. ISSN: 1471-003X, 1471-0048. <https://doi.org/10.1038/nrn2457>.
- Creutzfeldt, O., G. Ojemann y E. Lettich. 1989. "Neuronal Activity in the Human Lateral Temporal Lobe: II. Responses to the Subjects Own Voice". *Experimental Brain Research* 77, n.º 3 (octubre): 476-489. ISSN: 0014-4819, 1432-1106. <https://doi.org/10.1007/BF00249601>.
- Eliades, Steven J. y Xiaoqin Wang. 2003. "Sensory-Motor Interaction in the Primate Auditory Cortex during Self-Initiated Vocalizations". *Journal of Neurophysiology* 89, n.º 4 (1 de abril de 2003): 2194-2207. ISSN: 0022-3077, 1522-1598. <https://doi.org/10.1152/jn.00627.2002>.
- . 2008. "Neural Substrates of Vocalization Feedback Monitoring in Primate Auditory Cortex". *Nature* 453, n.º 7198 (junio): 1102-1106. ISSN: 0028-0836, 1476-4687. <https://doi.org/10.1038/nature06910>.
- Feinberg, I. 2011. "Corollary Discharge, Hallucinations, and Dreaming". *Schizophrenia Bulletin* 37, n.º 1 (1 de enero de 2011): 1-3. ISSN: 0586-7614, 1745-1701. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq115>.
- Feinberg, Irwin y Mario Guazzelli. 1999. "Schizophrenia – a Disorder of the Corollary Discharge Systems That Integrate the Motor Systems of Thought with the Sensory Systems of Consciousness". *British Journal of Psychiatry* 174, n.º 3 (marzo): 196-204. ISSN: 0007-1250, 1472-1465. <https://doi.org/10.1192/bjp.174.3.196>.
- Ford, Judith M., Daniel H. Mathalon, Theda Heinks, Sontine Kalba, William O. Faustman y Walton T. Roth. 2001. "Neurophysiological Evidence of Corollary Discharge Dysfunction in Schizophrenia". *American Journal of Psychiatry* 158 (12): 2069-2071.
- Frith, Christopher D., Sarah-Jayne Blakemore y Daniel M. Wolpert. 2000. "Abnormalities in the Awareness and Control of Action". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 355 (1404): 1771-1788.
- Grüsser, O.-J. 1986a. "Interaction of Efferent and Afferent Signals in Visual Perception A History of Ideas and Experimental Paradigms". *Acta Psychologica* 63, n.º 1 (1 de diciembre de 1986): 3-21. ISSN: 0001-6918. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(86\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0001-6918(86)90039-9).
- . 1986b. "Some Recent Studies on the Quantitative Analysis of Efference Copy Mechanisms in Visual Perception". *Acta Psychologica* 63, n.º 1 (1 de diciembre de 1986): 49-62. ISSN: 0001-6918. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(86\)90042-9](https://doi.org/10.1016/0001-6918(86)90042-9).
- Haggard, Patrick. 2019. "The Neurocognitive Bases of Human Volition". *Annual Review of Psychology* 70, n.º 1 (4 de enero de 2019): 9-28. ISSN: 0066-4308, 1545-2085. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-103348>.
- Hallett, Mark. 2007. "Volitional Control of Movement: The Physiology of Free Will". *Clinical Neurophysiology* 118, n.º 6 (junio): 1179-1192. ISSN: 13882457. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.03.019>.
- . 2009. "Physiology of Volition". *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, 127-143.
- Hofstadter, Douglas R. 2011. *Gödel, Escher, Bach. Un Eterno y Grácil Bucle*. Buenos Aires: Tusquets. ISBN: 978-987-670-060-3.

- Holst, Erich von. 1973. *The Behavioural Physiology of Animals and Man: The Collected Papers of Erich Von Holst*. University of Miami Press. ISBN: 978-0-87024-261-8.
- Li, Chiang-shan Ray, Mon-chu Chen, Yong-yi Yang, Min-chi Chen y Pei-kwei Tsay. 2002. "Altered Performance of Schizophrenia Patients in an Auditory Detection and Discrimination Task: Exploring the 'Self-Monitoring' Model of Hallucination". *Schizophrenia Research* 55 (1): 115-128.
- Matthews, P B C. 1982. "Where Does Sherrington's "Muscular Sense" Originate? Muscles, Joints, Corollary Discharges?" *Annual Review of Neuroscience* 5 (1): 189-218. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.05.030182.001201>.
- Northoff, Georg, Alexander Heinzl, Moritz De Greck, Felix Bermpohl, Henrik Dobrowolny y Jaak Panksepp. 2006. "Self-Referential Processing in Our Brain—A Meta-Analysis of Imaging Studies on the Self". *NeuroImage* 31, n.º 1 (mayo): 440-457. ISSN: 10538119. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.002>.
- Perogamvros, Lampros. 2014. "Esse Est Percipi: A Neurophilosophical Model of Psychosis". *Psychopathology* 47 (5): 275-284. ISSN: 0254-4962, 1423-033X. <https://doi.org/10.1159/000362565>.
- Rankin, Catharine H. 1991. "Interactions between Two Antagonistic Reflexes in the Nematode *Caenorhabditis Elegans*". *Journal of Comparative Physiology A* 169, n.º 1 (julio). ISSN: 0340-7594, 1432-1351. <https://doi.org/10.1007/BF00198173>. <http://link.springer.com/10.1007/BF00198173>.
- Sirigu, Angela, Elena Daprati, Pascale Pradat-Diehl, Nicolas Franck y Marc Jeannerod. 1999. "Perception of Self-Generated Movement Following Left Parietal Lesion". *Brain: a journal of neurology* 122 (10): 1867-1874.
- Sperry, R. W. 1950. "Neural Basis of the Spontaneous Optokinetic Response Produced by Visual Inversion." *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 43 (6): 482-489. ISSN: 0021-9940. <https://doi.org/10.1037/h0055479>.
- Von Holst, Erich y Horst Mittelstaedt. 1950. "Das Reafferenzprinzip". *Die Naturwissenschaften* 37 (20): 464-476.
- Weiskrantz, Lawrence, J. Elliott y Cyril Darlington. 1971. "Preliminary Observations on Tickling One-self". *Nature* 230 (5296): 598-599.
- White, John G., Eileen Southgate, J. Nichol Thomson y Sydney Brenner. 1986. "The Structure of the Nervous System of the Nematode *Caenorhabditis Elegans*". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 314 (1165): 1-340.
- Wolpert, Daniel M., Susan J. Goodbody y Masud Husain. 1998. "Maintaining Internal Representations: The Role of the Human Superior Parietal Lobe". *Nature neuroscience* 1 (6): 529-533.