

EL EXPERIMENTO DE LIBET Y SUS
REPLICACIONES
(de 1983 a 2013)

Agustina Lombardi
Ian Ramsey Centre, University of Oxford

Resumen: El presente artículo describe y analiza diez experimentos científicos en torno a los actos libres que siguieron al experimento de Benjamin Libet, en 1983. Mediante el estudio de la actividad neuronal previa a la decisión de un acto libre, estos experimentos han intentado abordar los temas filosóficos de la conciencia y la libertad del hombre. Dada la diversidad de perspectivas y conclusiones acerca de estas nociones presentes en tales experimentos, resulta necesario un análisis y una descripción de los mismos en conjunto para, de esta manera, ofrecer un marco dentro del cual se puedan establecer futuros diálogos e investigaciones interdisciplinarias.

Palabras clave: Benjamin Libet, Libertad, Conciencia, Acto libre, Potencial de preparación.

Libet's experiment and its replications (from 1983 to 2013)

Abstract: The present article describes and analyses ten scientific experiments on free action, which followed Benjamin Libet's experiment in 1983. Through the study of neuronal activity previous to the decision of acting freely, these experiments have engaged with the philosophical themes of consciousness and human freedom. Given the diversity of perspectives and conclusions of these experiments regarding these notions, I offer a description and analysis of these experiments, in order to construct a framework in which future interdisciplinary research and dialogue could flourish.

Keywords: Benjamin Libet, Free will, Consciousness, Free act, Readiness potential.

Recibido: 1/12/2016 **Aprobado:** 21/4/2017

El presente artículo pretende describir y analizar conceptualmente diez experimentos científicos en torno a los actos libres que siguieron al que fuera llevado a cabo por Benjamin Libet, neurocientífico estadounidense, en 1983. En éste, Libet propuso la existencia de actividad neuronal previa a la conciencia subjetiva de la realización de un acto libre. Dichos experimentos han intentado abordar al menos dos temáticas que siempre se pensaron propias de la antropología filosófica, a saber, la conciencia y la libertad del hombre. Dada la diversidad de perspectivas y conclusiones acerca de estas nociones presentes en tales experimentos, resulta necesario un análisis y una descripción de los mismos en conjunto para, de esta manera, ofrecer un marco dentro del cual se puedan establecer futuros diálogos e investigaciones interdisciplinarias.

Si bien Libet fue bastante cauteloso acerca del alcance de sus investigaciones, sobre todo al comienzo, sus experimentos han desatado un intenso debate tanto en el ámbito científico como en el filosófico. Preguntas acerca de la libertad son esenciales a toda escuela filosófica, pero durante el último medio siglo la neurociencia se ha adentrado de lleno en el debate aún abierto, muchas veces jactándose de haber resuelto el problema. Benjamin Libet consciente de que la pregunta por la libertad toca la raíz misma de la naturaleza humana, midió los procesos eléctricos en el cerebro que anteceden a la toma de conciencia de actos que normalmente calificamos como libres. De esta forma, la antiquísima pregunta por la libertad del hombre fue abierta a la investigación científica, en busca de una respuesta ya no filosófica, sino empírica. El hecho de que nuestras decisiones estuvieran precedidas por la

activación de determinados centros cerebrales llevó a pensar que aquellas son resultado de procesos inconscientes. Así, la conciencia tendría la ilusión de haber sido el sujeto agente de una decisión libre.

El primer paso, por tanto, será considerar brevemente el famoso experimento de Benjamin Libet, quien publicase sus resultados en 1983, en la revista *Brain*, bajo el título *Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act*. El segundo paso será presentar las diez reelaboraciones o replications más relevantes y citadas del experimento de Libet, realizadas por diversos grupos de investigación, que comenzaron poco después y llegan hasta la actualidad. Finalmente, será momento de realizar un breve análisis comparativo de estas replications, donde se presentará en calidad de conclusión las cuatro líneas de investigación principales en las que se enmarcan dichos experimentos y por las que se establecen las definiciones de las nociones mismas en discusión: 1) investigaciones exclusivamente acerca de la actividad electrofisiológica cortical precedente a la actividad motora, 2) investigaciones enfocadas en el estudio de la conciencia, 3) investigaciones que argumentaron que Libet no estaba estudiando actos libres y se propusieron hacerlo, y 4) investigaciones que criticaron o intentaron mejorar la metodología del experimento.

Ciertamente, la relación entre la actividad neuronal previa a los actos voluntarios y la conciencia o experiencia subjetiva continúa siendo un tema de intenso debate cuya investigación tanto científica como filosófica se encuentra en pleno auge. Precisamente por esta situación, resulta imprescindible presentar estos experimentos para clarificar el marco conceptual científico en

el cual se lleva a cabo la discusión. El objetivo del presente artículo, por tanto, no es ofrecer una solución a los problemas planteados, sino analizar estos experimentos para clarificar el *status quaestionis* actual.

1. Libet y sus experimentos

Benjamin Libet es ciertamente conocido por sus famosos experimentos que parecerían poner en duda la libertad humana. Consciente de que la pregunta acerca de la libertad va a la raíz misma de la naturaleza del hombre,¹ sostiene haberla respondido a través de un experimento científico. Libet realizó su famoso experimento en 1983, motivado por el hallazgo de las investigaciones llevadas a cabo por los alemanes Kornhuber y Deecke,² quienes habían concluido que todo movimiento voluntario libre es precedido hasta en un segundo por una actividad neuronal electrofisiológica que denominaron *Bereitschaft-Potential* (*Readiness Potential*, RP). No obstante, Libet advirtió que los alemanes no estaban analizando actos libres como se proponían, ya que al indicar al sujeto del experimento cuándo debía realizar el acto, le estaban imponiendo un condicionamiento externo, y esto, evidentemente, coartaba la libertad del acto. Por consiguiente, Libet decidió reelaborar el

¹ Libet, B.: "Do We Have Free Will?" en *Journal of Consciousness Studies* 6, No. 8-9, 1999, pp. 47-57.

² Kornhuber, H. y Deecke, L.: "Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale" en *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* 284, Issue 1, 1965, pp. 1-17.

experimento analizando lo que él consideraba actos verdaderamente libres: no sólo endógenos, es decir originados desde el interior del sujeto, sino también surgidos caprichosa y espontáneamente de la nada cuando el sujeto sintiera la necesidad de hacerlos.³

Por otro lado, Libet también quiso estudiar el papel de la conciencia en la ejecución de los actos libres. El verdadero objetivo que lo llevó a reelaborar el experimento de Kornhuber y Deecke, era presentar evidencia experimental del momento en el que aparece la conciencia de la voluntad —o intención de actuar— con respecto al comienzo del potencial de preparación y al acto voluntario libre. La pregunta que lo guió en su investigación es si la toma de conciencia de la voluntad —o intención de actuar— aparece con tanta anticipación como el RP respecto del acto motor libre.⁴

Libet partió de la premisa de que el momento en que aparece la conciencia de querer actuar consiste en una experiencia subjetiva, y que por lo tanto es sólo accesible al sujeto mismo que la está experimentado. A pesar de que la validez del experimento dependía del reporte del sujeto, él creyó en su viabilidad. El desafío consistía en encontrar un modo para transformar esta experiencia subjetiva en un dato numérico, es decir reportable y medible cuantitativamente. De este modo, podría compararla tanto con el tiempo

³ Libet, B. et al.: “Readiness Potentials Preceding Unrestricted Spontaneous Pre-Planned Voluntary Acts” en *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 54, 1982, pp. 322-325; Libet, B. et al.: “Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act” en *Brain* 106, 1983, pp. 623-642.

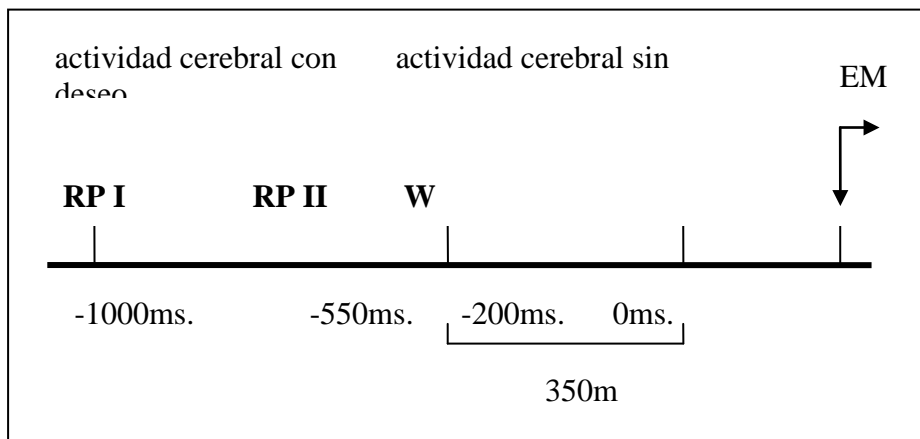
⁴ Libet, B. et al.: *Time* cit., p. 624.

objetivo en el que se llevaba a cabo el movimiento, indicado por el electromiograma (EMG), como con el tiempo objetivo en que aparecía el potencial de preparación, indicado por el electroencefalograma (EEG). Diseñó el experimento utilizando un reloj osciloscopio, que era unas 25 veces más rápido que uno normal, para acomodarse a los tiempos en milisegundos. Para contabilizar el tiempo empleó el foco de luz de un osciloscopio de rayos catódicos, que giraba alrededor de la periferia del reloj haciendo las veces de las manecillas de un reloj normal. Cada revolución de la luz se completaba en 2,56 segundos, por lo que cada 'segundo' del reloj acelerado equivalía a 43 milisegundos de tiempo actual.

Libet estudió a seis sujetos, a quienes pidió que mantuvieran la vista fija en el centro del reloj. Realizó tres series diferentes (W, M y S), cada una de las cuales medía un tipo distinto de experiencia subjetiva. En las series W el sujeto debía realizar un movimiento brusco de muñeca cuando sintiera la necesidad caprichosa de hacerlo. Luego de cada prueba se le pedía que indicara la posición en la que se encontraba la luz en el osciloscopio en el momento en el que había aparecido el deseo consciente de querer realizar el movimiento, es decir, cuando tuvo la intención de moverse. Se trataba de unificar así la imagen visual de la luz giratoria de un reloj con un evento mental determinado. Dice Libet que dicha experiencia subjetiva fue descrita por los sujetos como una 'intención' o 'decisión' de moverse que aparecía de la nada. Incluso los experimentadores alentaban a los sujetos a dejarse sorprender por este deseo de moverse, ya que esto indicaría que se trataba de actos voluntarios realmente endógenos, que se originaban caprichosamente sin ser inducidos por los experimentadores. Dice Libet: «El hecho de que

fueran reportadas instancias de ‘sorpresa’ aumenta la confianza en que los reportes de tiempo anteriores al acto representaban experiencias endógenas no definidas ni inducidas por las instrucciones».⁵

En las series M el sujeto también debía ejecutar un movimiento brusco de muñeca, pero esta vez debía indicar el momento en el que aparecía la conciencia de haberse movido. Por último, en las series S se solicitaba al sujeto que permaneciera relajado sin realizar ningún movimiento. Se le aplicaban estímulos eléctricos sobre la mano, alrededor de un 15-20% por sobre el umbral de sensación, en tiempos aleatorios no conocidos por el sujeto pero sí por el experimentador, y se le solicitaba que indicara el momento en que tomaba conciencia de la sensación. Tanto las series M como las S sirvieron para controlar la validez del método empleado (el osciloscopio), con el cual se obtuvieron errores de apenas -50ms. A su vez, S servía para obtener el *bias* de cada sujeto y tenerlo en cuenta al analizar los valores de W.



⁵ Libet, B. et al.: *Ibidem*, p. 627.

Como resultado del experimento, Libet distinguió dos tipos de potenciales de preparación, con formas y tiempos de aparición distintos y correspondientes a actos diferentes. El RP I comenzaba antes de -700 milisegundos con respecto a la activación del músculo implicado, y estaba asociado a los actos que suponían un pre-planeamiento. El RP II comenzaba alrededor -400/-700 milisegundos, y hacía referencia al acto espontáneo, originado caprichosamente sin ningún tipo de pre-planeamiento previo.

Con respecto al momento en el que aparecía la voluntad consciente de realizar el movimiento (W), Libet esperaba, siguiendo una concepción tradicional de la conciencia, que ésta apareciera antes de los -550 milisegundos (valor tomado como promedio del RP II) o al mismo tiempo, para así liderar y dar comienzo al acto voluntario. Pero sería anti-intuitivo, dice, que apareciera después de los -550 milisegundos, ya que un resultado así traería consecuencias en nuestra concepción de la libertad, pues ésta pasaría a depender de procesos inconscientes. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron los que Libet esperaba: en relación al tiempo 0, registrado por el EMG y correspondiente al movimiento del músculo, W aparecía, tanto para aquellos movimientos que habían implicado un pre-planeamiento como para los que no, a los -200 milisegundos, es decir, alrededor de -350 milisegundos después de iniciado el RP II. En el siguiente gráfico podemos ver reflejados los distintos resultados obtenidos.

Los resultados del experimento de Libet parecían sugerir que todo acto voluntario libre es iniciado inconscientemente mediante procesos neuronales, antes de que el sujeto sea consciente de haber decidido realizar el acto libre. Si bien Libet reconoce que está estudiando un acto sencillo y cotidiano, él lo

asume como un paradigma de todo acto voluntario, que puede extrapolarse a todo tipo de acto libre.⁶ Sus conclusiones generaron un intenso debate, tanto en el ámbito científico como en el filosófico.

Consciente de la polémica desatada, y en un intento por salvaguardar la libertad humana, Libet propuso la siguiente solución. Si bien el proceso volitivo comenzaría inconscientemente, aún le quedaría un rol que cumplir a la conciencia. Ésta ya no daría inicio al acto libre, como tradicionalmente siempre se pensó, sino que controlaría que el acto se termine llevando a cabo. En efecto, los 50 milisegundos antes del acto son los que necesita la corteza primaria motora para activar las neuronas motoras de la médula espinal, después de lo cual ya no se puede anular el movimiento. Pero aún queda un intervalo de 150 milisegundos, que es suficiente para que la conciencia pueda intervenir en la acción, vetándola y no dejando que se realice. Seríamos libres, por consiguiente, de vetar o de permitir que se lleve a cabo la acción.

Es interesante no perder de vista, además, qué entiende Libet por un acto libre. La definición que da en 1982 de los actos libres es la siguiente: «todo acto que aparece sin premeditación, ‘de la nada’». ⁷ Cabe preguntarse, entonces, cómo compagina esta nota esencial de ‘aparecer de la nada’ con la de ‘tener la capacidad de elegir’, mencionada unas páginas más adelante: «Para que un acto sea descrito como voluntario, las condiciones deben permitir al sujeto tener cierta independencia para elegir qué hacer y/o dónde actuar». ⁸

⁶ Libet, B.: Do we have cit., pp. 53-54.

⁷ Libet, B. et al.: *Readiness* cit., p. 325.

⁸ Libet, B. et al.: *Ibidem*, p. 332.

Por otra parte, al definir al acto libre en 1983, Libet utiliza ‘impulso’, ‘intención’ y ‘decisión’ como sinónimos, llegando incluso a hablar de capricho, para ser consistente con la pretensión de un origen endógeno para el acto. Es fácil advertir la equivocidad con la que Libet emplea el concepto de libertad.

2. Replicaciones

El de Libet fue el primero de una serie de experimentos científicos que intentaron dar respuesta a la pregunta por la libertad del hombre y el control que este tiene sobre sus propias decisiones y acciones. En esta sección expondré brevemente las replicaciones que tuvieron más repercusión en el ámbito científico. Estas comenzaron pocos años después del de Libet y continúan realizándose hasta la actualidad. Incluiré algunos experimentos que, si bien no son replicaciones exactas del de Libet, fueron líneas de investigación que surgieron a partir de éste. Las replicaciones que se hicieron del experimento de Libet buscaron medir la experiencia subjetiva de la conciencia en relación a los actos voluntarios. Unas veces varía el instrumento empleado para medir o las instrucciones acerca del acto a realizar; otras, se mantiene la misma acción pero el sujeto elige el momento de realizarla, o tiene un tiempo fijo y la posibilidad de elegir entre varias acciones, etc. Pero lo que todos los experimentos tienen en común es que siempre se centran en acciones parcialmente determinadas, debido a las limitaciones propias del experimento científico.

Una de las primeras replications, publicada en 1990, es la de I. Keller y H. Heckhausen, quienes partieron de dos hipótesis.⁹ En primer lugar, que Libet no estaba estudiando actos libres. El movimiento que realizaban los sujetos cuando sentían la necesidad caprichosa de hacerlo no era un acto libre, sino que respondía a un estímulo interno provocado por una intención general, que se formaba al comienzo del experimento cuando se daba la consigna. En segundo lugar, que con esta consigna se estaba logrando que procesos normalmente inconscientes se volvieran conscientes. Para testear las hipótesis, Keller y Heckhausen diseñaron tres experimentos. En el primero se midieron RP de movimientos inconscientes para comprobar si estos comenzaban con la misma latencia que los movimientos espontáneos estudiados por Libet. En el segundo se replicó exactamente el experimento de Libet para poder comparar ambos resultados. Y en el tercero, que sirvió de control, los sujetos debían buscar introspectivamente intenciones de moverse. En el segundo experimento, en el que se utilizó el mismo protocolo de investigación que en el de Libet, se obtuvieron resultados semejantes al de este, tanto para el comienzo de los RP como para W. Lo novedoso fue comparar dichos resultados con los del primer experimento. En este se solicitó a los participantes que contaran para atrás de tres en tres a partir del N° 3521. Con esto se lograba que los sujetos tuvieran su atención puesta en dicha actividad. Se les decía que mientras tanto podían realizar movimientos que les

⁹ Keller, I., y Heckhausen, H.: "Readiness Potentials Preceding Spontaneous Motor Acts: Voluntary Vs. Involuntary Control" en *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 76, 1990, pp. 351-361.

salieran naturalmente, pero que no se preocuparan por ellos. Una vez que se activaba el EMG, se les decía que se habían movido y se les consultaba si habían sido conscientes de eso, para quedarse sólo con los datos de aquellos movimientos que habían sido inconscientes, que habían sido la mayoría. El comienzo de los RP entre los experimentos 1 y 2 no fue significativamente diferente. Esto se condecía con la segunda hipótesis, es decir que los RP de los movimientos espontáneos (del tipo Libet), no necesariamente se hacían conscientes. En cambio, sí hubo una diferencia significativa en la amplitud de los RP, que siempre era mayor en los movimientos voluntarios espontáneos del segundo experimento. Finalmente, en el tercer experimento se solicitaba a los sujetos que permanecieran relajados. Cuando se activaba el EMG por algún movimiento de mano o muñeca, se les pedía que dieran un reporte introspectivo del periodo antes de moverse. Los sujetos distinguieron dos tipos de sentimientos: no haberse dado cuenta del movimiento, semejante a lo experimentado en el primer experimento, y sí haberse dado cuenta mediante un repentino deseo de moverse, semejante al segundo. Las amplitudes y los tiempos de aparición de los RP eran semejantes a los experimentos anteriores. Keller y Heckenhausen concluyeron que es la indicación de esperar a sentir la urgencia para moverse, dada al comienzo del experimento de Libet, la que estaría generando una intención general de moverse. Esta intención que haría que movimientos normalmente inconscientes se vuelvan conscientes, por el sentimiento de expectación y atención.

La segunda replicación, publicada en 1999 por Haggard y Eimer,¹⁰ es una de las más comentadas y utilizadas como referencia. Los autores extendieron el diseño de Libet en tres sentidos: 1) le critican que los sujetos debían realizar los mismos movimientos fijos, utilizando siempre la misma mano. En consecuencia, no podía considerarse al RP como un indicador específico que reflejaba el movimiento voluntario ejecutado, sino que este indicaba un estado más general e inespecífico. Para remediar esto, Haggard y Eimer buscaron comparar M y W con dos tipos de movimientos: fijos, en los que se utiliza siempre la misma mano, y libres, en los cuales el sujeto debía elegir qué mano mover. Se les pedía que hicieran un número semejante de movimientos con cada mano y que evitaran realizar patrones obvios y repetitivos, para no caer en el mismo error que Libet. 2) Sostuvieron que en vez del RP, que era un indicador general del movimiento, lo que debía tenerse en cuenta es el momento de aparición del *Lateralised Readiness Potential* (LRP), como un indicador más específico del movimiento realizado, ya que este representa la actividad electrofisiológica de la corteza contralateral al movimiento. Así Haggard y Eimer buscaron medir el LRP y estudiaron su relación con W. 3) Analizaron la hipótesis causal entre W y los potenciales cerebrales presentada por Libet, investigando si una variación en el momento de aparición de W era acompañado por una co-variación de la actividad neuronal. Si el RP causaba W, entonces cuando W aparecía tempranamente debía estar acompañado por RPs iniciados más tempranamente que lo habitual.

¹⁰ Haggard, P., y Eimer, M.: "On the Relation between Brain Potentials and the Awareness of Voluntary movements" en *Exp Brain Res* 126 (1), 1999, pp. 128-133.

La única diferencia con el experimento de Libet fue que, en lugar de realizar una flexión de mano, los sujetos debían apretar un botón en una computadora ya sea con el dedo índice de la mano derecha o izquierda, que se utilizó como t0. La novedad de distinguir entre movimientos fijos o libres no significó cambios en los valores obtenidos, tanto para las series M como W, que obtuvieron valores semejantes a los de Libet. M obtuvo valores de -89 msec. para los movimientos fijos y de -98 msec. para los libres, mientras que W obtuvo un promedio de -355 msec. para los fijos y de -353 para los libres. Los RP y los LRP poseían las mismas formas, intensidades y tiempos de aparición tanto en las series en las que se realizaban movimientos fijos con una sola mano como en aquellas donde los movimientos eran libres. Sin embargo, sí se obtuvieron valores de RP distintos a los de Libet. El RP comenzaría cerca de un segundo antes que el RP I de Libet (ni siquiera del RP II). El LRP comenzaría alrededor de los -795 msec. para los actos libres y alrededor de los -895 msec. para los actos fijos, lo que no se consideró como una diferencia significativa, además de que los valores del LRP fueron similares a los resultados obtenidos por Libet para el RP I.

Para resolver el tercer punto se estableció un promedio de los valores de W de cada sujeto, para así poder clasificarlos como tempranos o tardíos. Luego se los comparó con los valores de RP y de LRP. La conclusión fue que de los datos obtenidos no se podía establecer una co-variación evidente entre W y los RP, aunque no se podía excluir esta posibilidad. La amplitud de los RP en donde W era tardío era un poco mayor que en los eventos donde W aparecía más tempranamente, pero esto no era significativo. En cambio sí podía establecerse una co-variación entre W y los LRP, ya que los

W tempranos iban acompañados de LRP más tempranos y viceversa. Sin embargo, esta co-variación no era numéricamente exacta.

Con respecto al rol de W en la ejecución de los actos libres, los autores sostienen que Libet no explicaba el contenido de los estados conscientes de W y M. Con este nuevo experimento habían descubierto, en cambio, que W y M estaban relacionados con el movimiento específico que se estaba llevando a cabo, precisamente por la co-variación que había entre W y el LRP. W y M no estaban relacionados con un proceso más abstracto y general previo a la elección de realizar un movimiento puntual, es decir el RP. Por lo que el sujeto sólo tendría acceso consciente a aquellos procesos pre-motores posteriores a la selección del movimiento.

Por último, la discrepancia temporal entre el comienzo del RP y de W hallada en el experimento de Libet no tendría consecuencias en nuestra concepción de la libertad, porque la relación causal estaría entre el LRP y W. Por lo tanto, lo que debería intentar explicarse es esta discrepancia temporal entre el LRP y W. Sin embargo, los autores reconocen que no se trata de una tarea sencilla, ya que, por un lado, se depende de las técnicas y del criterio que se utilice para encontrar el comienzo de dicha actividad neuronal, y, por otro, no hay que dejar de considerar la dificultad que implica medir el comienzo temporal de la experiencia subjetiva. En conclusión, de forma similar a Libet, se sigue considerando que hay una actividad electrofisiológica cortical, aunque más específica, denominada LRP, que precede a los actos libres y a la conciencia de querer ejecutarlos. Este LRP sería, además, causa de ambos eventos.

En 2002 J. Trevena y J. Miller publicaron una replicación del experimento de Libet,¹¹ intentando dar dos explicaciones alternativas a sus resultados. El primer intento de explicación se apoyaba en lo que llamaron *bias de medición*, que haría aparecer a los RP antes de lo habitual. Esto se debería a un problema conocido al hacer investigación con EEG, llamado *smearing artifact*, por el cual el valor de la latencia del componente del EEG depende de si se toman los valores individuales de cada prueba y luego se hace un promedio o si se hace un gran promedio general de las formas de onda.¹² Si este es el caso, el valor de latencia se termina acercando al comienzo más temprano de las ondas individuales que contribuyen al promedio. Así, en el experimento de Libet el valor obtenido para el comienzo de los RP debería ser mucho más cercano al movimiento mismo. Dado que no es posible hallar el RP si no es por promedio, Trevena y Miller proponen comparar el comienzo del RP no con el promedio del tiempo de decisión sino con el momento más temprano en el que el sujeto reportaba haber tomado la decisión. El segundo intento de explicación sostenía, al igual que Haggard y Eimer, que el RP refleja actividad tanto motora como no motora, por lo que su comienzo temprano indica un proceso anticipatorio general, que no está implicado directamente en la preparación cortical del movimiento, como sí está el LRP. Por lo tanto, sí

¹¹ Trevena, J., y Miller, J.: "Cortical Movement Preparation before and after a Conscious Decision to Move" en *Consciousness and Cognition* 11, 2002, pp. 162-190.

¹² Ver también Callaway, E., Halliday, R. Naylor, H. y Thouvenin, D.: "The latency of the average is not the average of the latencies" en *Psychophysiology* 21, 1984, pp. 571.

sería significativo a la conclusión arribada por Libet que el LRP precediera a la decisión consciente de moverse.

El diseño del experimento fue muy parecido al de Libet, con las diferencias de que el enfoque estaba en comparar el comienzo del RP con el reporte más temprano de W, y que para poder medir el LRP apenas comenzaba la prueba se le mostraba al sujeto la letra L o R que indicaba qué mano debía mover. Los resultados dieron un comienzo del RP a los -800 mseg., que antecedió siempre al primer reporte de decisión, que era antes de los -400 mseg. Por lo tanto, caía el primer intento de explicación de los resultados obtenidos por Libet. El *smearing artifact* no era suficiente para revocar la conclusión de que el RP comienza antes que la intención consciente. Pero esto no es realmente significativo para estos investigadores, ya que el RP es sólo un indicador general de que en un futuro cercano se va a llevar a cabo un movimiento. En consecuencia, el segundo intento de explicación quedaba en pie, ya que el LRP comenzaba a los -300 mseg. Por lo tanto, podía concluirse que el LRP, que es un indicador más específico del movimiento, no comenzaba antes de la primera intención de moverse, de modo que las preparaciones finales del movimiento sí serían llevadas a cabo por nuestras decisiones conscientes, que serían las que inician nuestras acciones.

En 2008 C. Herrmann y su equipo publicaron su experimento, nuestra cuarta replicación.¹³ Herrmann parte de la hipótesis de que no hay confiabi-

¹³ Herrmann, C. S., Pauen, M., Min, B-K., Busch, N. A. y Rieger, J. W.: "Analysis of a Choice-Reaction Task Yields a New Interpretation of Libet's Experiments" en *International Journal of Psychophysiology* 67, 2008, pp. 151-157.

lidad en el reporte de W y de que es más bien problemático, aduciendo que el sujeto percibiría la toma de conciencia como sucediendo más tarde del momento en el que realmente ocurriría. Diseñaron un experimento en el que no se estudiaban actos libres (opinaban que Libet tampoco lo hacía) sino que, inspirados por el experimento de Haggard & Eimer, se enfocaban en cuál era el rol causal del RP. Concluyeron, al igual que Haggard, Miller y Trevena, que el RP no era un indicador específico del acto motor, sino que representaba un estado de expectación. Para demostrar esto sentaron a los sujetos del experimento frente a una computadora que les mostraba un determinado estímulo. Según fuera el estímulo presentado, debían apretar uno de dos botones. El experimento mostró que había actividad neuronal previa al acto motor, semejante al RP de Libet. Sin embargo, esta estaba presente desde antes que se presentaran los estímulos al sujeto y por ende tuviera que elegir qué botón apretar. La conclusión fue que esta actividad neuronal debía reflejar un estado de expectación y no el momento de toma de decisión.

También en 2008, Soon, Brass, Heinze y Haynes publicaron su replicación,¹⁴ que llegó a resultados sorprendentes y que probablemente haya sido la que más impacto tuvo tanto en la comunidad científica como filosófica. A diferencia de los investigadores anteriores, consideraban que el RP, originado en el SMA, se encontraba demasiado cercano al movimiento, por lo que no era una preparación inespecífica del movimiento. Su principal objetivo era estudiar la región cerebral donde se generaban las decisiones de moverse. A

¹⁴ Soon, C., Brass, M., Heinze, H., y Haynes, J.: “Unconscious Determinants of Free Decisions in the Human Brain” en *Nature Neuroscience* 11, 2008, pp. 543-545.

su vez, querían averiguar si dicha actividad cerebral permitía predecir una decisión libre entre más de una opción. Esto se lograba observando qué áreas se activaban antes de realizarse el movimiento. Durante el experimento, los sujetos debían elegir apretar un botón operado por un dedo de la mano derecha u otro operado por la mano izquierda, cuando sintieran la necesidad de hacerlo. Midieron la actividad cerebral utilizando imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI). En vez de un reloj osciloscopio utilizaron una pantalla en la cual iban pasando letras. El sujeto debía reportar qué letra había aparecido en el momento en el que había tomado la decisión consciente de apretar el botón. En primer lugar, observaron que en la ejecución del movimiento se encontraban implicadas dos áreas del cerebro: el SMA, como había dicho Libet, y la corteza motora primaria. En segundo lugar, que en la decisión de qué mano mover se encontraban involucradas dos regiones: la corteza pre-frontal, donde se generaba y planificaba, y la parietal, donde se almacenaba. En conclusión, esta actividad electrofisiológica vinculada a los movimientos libres aparecía hasta 10 segundos antes de la conciencia de la voluntad de actuar. No sólo eso, sino que era posible predecir qué movimiento realizaba el sujeto alrededor de 7 segundos antes hasta en un 60% de los casos. Para cuando la conciencia aparecía, dice Haynes, la mayoría del trabajo ya estaba hecho.

Más tarde en 2008 Matsushashi y Hallett, cuestionaron el depender completamente del reporte subjetivo y la introducción del reloj, que genera un

esfuerzo extra de lectura y memorización.¹⁵ En cambio, propusieron utilizar un método que no dependiera del reporte subjetivo, y teniendo como principal meta estudiar la relación entre la intención de actuar (a la que llamaron T en vez de W) y el origen del movimiento. El experimento fue similar al de Libet: los sujetos debían realizar movimientos bruscos de muñeca apenas apareciera en la conciencia el pensamiento de realizarlo. La medición de T, sin embargo, no se obtuvo a partir del reporte subjetivo. Durante el desarrollo del experimento, antes de que los sujetos realizaran el movimiento con la mano, se iban presentando tonos en intervalos aleatorios no conocidos por los participantes pero sí por los observadores. La consigna consistía en que si escuchaban el tono cuando ya tenían la intención de actuar, debían abortar el movimiento. Los sujetos indicaban inmediatamente si habían tenido una intención de actuar, reduciendo dependencia en la memoria del sujeto al conocer con precisión el tiempo objetivo en el que había ocurrido el tono. Así pudieron obtener el valor de T. El inicio del RP era medido objetivamente con el EEG.

Los resultados indicaban que la intención de actuar se daba mucho más temprano. T dio valores de 1,4 ($\pm 0,69$) segundos previos al movimiento, con un tiempo de no retorno de $-0,13 \pm 0,07$ seg., al que llamaron P, que ocurría cuando el tono se presentaba muy cercano al movimiento. El RP I comenzaba a los -2,17 segs., el RP II a los -0,57 segs. y el LRP a los -0,59 segs. Si bien el RP I seguía siendo anterior a T por promedio, muchos de los sujetos

¹⁵ Matsushashi, M., y Hallett, M.: "The Timing of the Conscious Intention to Move" en *European Journal of Neuroscience* 28 (11), 2008, pp. 2344-2351.

analizados habían presentado un T anterior, lo que era suficiente para poner en duda la relación causal entre el RP/LRP y T, propuesta por Haggard y Eimer. Fueron conscientes, sin embargo, de la diferencia entre T y W. Según los autores la intención de actuar surgiría en etapas a lo largo de un proceso. Así, T y W reflejarían dos estados conscientes distintos, donde W indicaría el final de la etapa de un proceso que comenzaría mucho más temprano con T. Reconstruyendo el proceso, el primer evento detectado es el comienzo del RP I, del cual el sujeto no es consciente, pero mientras el comienzo del movimiento progresa, el estado de conciencia va creciendo hasta llegar al punto T, donde el sujeto, si es alertado sobre ello, puede reportar su intención. Luego comienza el RP II, mientras el estado de conciencia sigue creciendo hasta llegar a W, estado al que llaman “meta-conciencia”, cuando los sujetos se vuelven conscientes de su propia experiencia consciente. Matsuhashi y Hallett no lograron encontrar una co-relación entre el RP y LRP con T o W, por lo que los consideraron procesos independientes, estando los primeros relacionados con la ejecución del movimiento.

En 2009 Banks e Isham¹⁶ centraron sus experimentos en el estudio de W. Su hipótesis era que W no estaba completamente determinada por el RP ni por un evento cerebral anterior al movimiento, sino que tenía una estrecha relación con la percepción del momento en el que se realizaba la acción. Para testear la hipótesis, se crearon dos situaciones que le generaban al sujeto la ilusión de haber realizado el movimiento más tarde de lo real. La experiencia

¹⁶ Banks, W. P, e Isham, E. A.: “We Infer Rather Than Perceive the Moment We Decided to Act” en *Psychol Sci.* 20, 2009, pp. 17-21.

subjetiva se reportaba igual que en el experimento de Libet, el sujeto sentado frente a un reloj que giraba, aunque debía apretar un botón, que estaba metido dentro de una caja. Este sólo metía la mano por una rendija y no podía ver lo que sucedía adentro. En un caso, se aplicaba un estímulo auditivo supuestamente al momento exacto de realizarse el movimiento, aunque este tenía un atraso de 5 a 60 mseg. En el otro, se mostraba al sujeto un video de lo que estaba sucediendo dentro de la caja. El video podía ser reflejo del tiempo real o mostrar un atraso (no conocido por el sujeto) de 120 mseg. Claramente si el tiempo de respuesta percibido es un factor primario para juzgar el momento de la intención, un atraso en la percepción del momento en que se lleva a cabo la acción daría como resultado un *W* más tardío, que fue lo que sucedió en ambos casos. La conclusión fue que la mayor parte del componente de *W* es inferido a partir de la acción realizada.¹⁷ Pese a lo que pueda pensarse, los autores sostienen que esto no quiere decir que la conciencia no juegue un rol causal en el comportamiento, sino que los resultados obtenidos son un indicador de que el modelo volitivo que se tiene hoy en día es simplista. Este asume un modelo causal en el cual la intención es generada conscientemente y es la causa inmediata de una acción, cuando la generación de respuestas también procedería de procesos inconscientes.

¹⁷ Kühn y Brass siguiendo esta línea de investigación, diseñaron en 2009 dos experimentos que buscaban estudiar si somos capaces de distinguir entre una decisión voluntaria para reanudar una acción en curso y una incapacidad para frenar una acción en curso. La conclusión fue que la conciencia tenía una función retrospectiva de la acción intencional, generándonos la ilusión de ser agentes de nuestra propia acción. Ver Kühn, S., y Brass, M.: "Retrospective Construction of the Judgement of Free Choice" en *Consciousness and Cognition* 18 (1), 2009, pp. 12-21.

La propuesta de Guggisberg, también de 2009, es registrar oscilaciones neuronales rápidas, comúnmente llamadas de frecuencia gamma o alta gamma (~40-200 Hz), en lugar de potenciales evocados como el RP, y compararlas con el tiempo subjetivo de decisión utilizando el mismo método que Libet, es decir un reloj.¹⁸ Se descubrió que los sujetos reportaban la toma de conciencia de su elección en el momento en que la actividad de alta gama en la corteza motora contralateral al movimiento comienza a crecer más que la actividad de alta gamma presente en el mismo hemisferio, indicando que está preparando el movimiento. Por lo tanto, no habría un retraso en la aparición de la conciencia respecto al comienzo de la actividad electrofisiológica que da comienzo al acto motor. Al igual que Matsushashi y Hallett, la propuesta de Guggisberg es que tomar una decisión es un proceso dinámico que posee distintas etapas, en el cual se pueden distinguir dos estados conscientes jerarquizados: un estado consciente de primer orden, que lo define como directo, continuo de experiencia irreflexiva, y otro meta-consciente, o de introspección, que define como una explícita re-representación de los contenidos de la conciencia de primer orden. Los reportes de los sujetos en el experimento de Libet se encontrarían en este meta-nivel.

¹⁸ Guggisberg, A., Dalal, S. S., Schnider, A. y Nagarajan, S. S.: "The Neural Basis of Event-Time Introspection" en *Consciousness and Cognition* 20, 2011, pp. 1899-1915.

En 2011 salió publicado el experimento de I. Fried con una propuesta interesante.¹⁹ A partir del experimento de Libet algunos, cita sobre todo a Soon, habían logrado predecir las decisiones de los sujetos a través de las regiones cerebrales que se activaban. Fried y su equipo se proponen estudiar los correlatos neuronales que subyacen a los actos voluntarios a partir de registros de neuronas individuales, para investigar si con ellas es posible predecir la intención a actuar de los participantes. Utilizaron el mismo diseño de experimento que Libet, 12 sujetos que realizaban movimientos con el dedo cuando sintieran la necesidad de hacerlo y que luego debían reportar el momento en el que había surgido la intención de actuar (W) empleando un reloj. W daba un promedio de -193 mseg. y coincidía con el W de Libet. A partir del registro de la actividad de 1019 neuronas se descubrió actividad neuronal progresiva en el SMA alrededor de 1500 mseg. antes del tiempo de W reportado por los sujetos, lo que coincidía con los valores de RP obtenidos en los experimentos anteriores. Por otro lado, descubrieron que con el disparo de tan sólo 256 neuronas del área motora suplementaria (SMA) era posible predecir hasta 700 mseg. antes de W y con un 80% de seguridad la elección que se iba a hacer entre dos movimientos. A su vez, estos descubrimientos sugieren, para los experimentadores, que la intención consciente surgiría una vez que la integración del disparo de las neuronas del SMA cruza un cierto umbral.

¹⁹ Fried, I., Mukamel, R. y Kreiman, G.: "Internally Generated Preactivation of Single Neurons in Human Medial Frontal Cortex Predicts Volition" en *Neuron* 69 (3), 2011, pp. 548-562.

En 2013 Schlegel junto a los filósofos Sinnott-Armstrong y Roskies publicaron una nueva replicación,²⁰ partiendo de la observación de que en las tres décadas desde el primer experimento el rol del RP sigue sin estar claramente establecido. Los autores sostienen que el experimento de Haggard y Eimer de 1999 presenta dos errores en su conclusión respecto del rol causal del RP: 1) que sólo utiliza data de 8 participantes y 2) que la tabla utilizada para establecer un promedio del W de cada sujeto, mostraba que el efecto obtenido era mayormente por la data de dos participantes (si estos dos no se tenían en cuenta, los resultados no eran tan sorprendentes). Por tanto, propusieron replicar el experimento de 1999 con una muestra más grande de participantes. El objetivo principal consistía en esclarecer la naturaleza del RP y LRP y su relación con la conciencia, la voluntad y la acción.

El método fue exactamente el mismo que el utilizado por Haggard y Eimer. La única diferencia fue que en este caso se estudió a 21 participantes. Los resultados también fueron semejantes: el RP, LRP, M y W no cambiaba según se realizaban movimientos libres o arreglados, el valor promedio de W era de -196 mseg (al igual que en el experimento de Libet), el RP comenzaba alrededor de los -2,600 mseg. y el LRP a los -779 mseg. También coincidieron en que no había co-variación entre el RP y W, aunque sí hubo diferencias en los resultados obtenidos respecto a la co-variación entre el LRP y W. Ya sea utilizando el mismo método que Haggard y Eimer como

²⁰ Schlegel, A., Alexander, P., Sinnott-Armstrong, W., Roskies, A. L., Tse, P. U. y Wheatley, T.: "Barking up the Wrong Tree: Readiness Potentials Reflect Processes Independent of Conscious Will" en *Exp Brain Res* 126 (1), 2013, pp. 128-134.

otros distintos para cotejar los resultados, estos fueron siempre los mismos: no había diferencias significativas entre LRP con W tardíos o tempranos, por lo que no había una co-variación con W. Es más, el comienzo del LRP con W temprano era a los -719 mseg y del LRP con W tardío a los -851 mseg., por lo que si el LRP causara a W, los resultados deberían haber sido al revés. Por lo tanto, la conclusión fue que ni el RP ni el LRP son causa de la experiencia consciente de la voluntad.²¹

3. Breve análisis y conclusiones

A partir del análisis previo vemos que el experimento de Libet ha suscitado dentro de la comunidad científica cuatro líneas de investigación diferentes: 1) aquellas que se centraron exclusivamente en la actividad electrofisiológica cortical precedente a la actividad motora, 2) las que se enfocaron en el estudio de la conciencia, 3) las que creyeron que Libet no estaba estudiando actos libres y se propusieron hacerlo, y 4) las que criticaron o intentaron mejorar la metodología del experimento.

En cuanto a la primera línea de investigación, se percibe que no hubo un consenso respecto a la verdadera naturaleza y rol del RP. Tanto para Libet

²¹ Otras replications y derivaciones del experimento de Libet no tratadas aquí incluyen Lau, H., Rogers, R. y Passingham, R.: "Manipulating the Experienced Onset of Intention after Action Execution" en *Journal of Cognitive Neuroscience* 19 (1), 2007, pp. 1-10; Sirigu, A., Daprati, E., Ciancia, S., Giraux, P., Nighoghossian, N., Posada, A. y Haggard, P.: "Altered Awareness of Voluntary Action after Damage to the Parietal Cortex" en *Nature Neuroscience* 7 (1), 2004, pp. 80-84.

como para Soon y Haynes, Matsuashi y Hallett y Fried, el RP es un indicador específico del movimiento voluntario, pero para muchos otros, como Heller y Heckenhausen, Haggard y Eimer, Miller y Trevena y Herrmann, no lo es, sino que representa un estado más general de expectación. Muchos de ellos proponen, en cambio, estudiar el LRP como un indicador más específico de la actividad electrofisiológica que precede al acto voluntario.

Por otro lado, tampoco se notan coincidencias en las mediciones del comienzo del RP, ni en si éste o el LRP tienen un rol causal en la generación de la intención consciente de querer actuar. Hay cuatro posturas respecto a la relación entre eventos motores puramente fisiológicos y conscientes o subjetivos. 1) Algunos investigadores, como Haggard-Eimer y Fried, no dudaron en proponer que los eventos conscientes surgen o son causados por esta actividad motora, y no ven problema con ello. 2) Otros, en cambio, como Miller, Trevena y Schlegel, notaron que de ser así se pone en riesgo la misma agencia de nuestras obras, ya que nuestra conciencia no tendría un rol causal en la decisión de nuestros actos. Estos últimos concluyen que, al no haber covariación entre ambos eventos, no puede decirse que el LRP cause a la actividad consciente. 3) Para Matsuashi y Hallett los eventos motores y los conscientes o subjetivos son fenómenos separados de procesos independientes. 4) Con una postura más moderada, Banks e Isham concluyen que en la generación de decisiones influyen tanto procesos conscientes como inconscientes, y que es preciso replantear el modelo volitivo simplista actual. En esta misma línea se encuentran Heller y Heckenhausen.

Con respecto a la segunda línea de investigación, los experimentos buscaron responder dos cuestiones: 1) acerca de la función de la conciencia, y 2)

acerca del momento de su aparición. Respecto a la función de la conciencia, se presentan tres visiones distintas. 1) En un extremo Soon y Haynes, sostienen que la conciencia no cumple un rol central al momento de tomar decisiones: para el momento en el que aparece la conciencia la mayor parte del trabajo ya estaría hecho. 2) Miller, Trevena y Schlegel, por el contrario, defienden el rol activo de la conciencia en la generación de decisiones y ejecución de actos: la conciencia es previa al LRP y dirige así el obrar del sujeto. 3) Haggard, Banks e Isham, proponen, expandiendo la primer posición, que la conciencia no cumple un rol causal en la ejecución de los actos libres, sino que cumple la función de construir retrospectivamente la experiencia de ser libres, dándonos la sensación (o ilusión en el caso más extremo de Haggard) de tener control de nuestros actos. A esto se lo llamó “*subjective back-referral*”, ya que lo que haría la conciencia sería atribuirse la ejecución de una acción que es iniciada inconscientemente. Para Banks e Isham, esto se fundamenta en la hipótesis de que la conciencia no está meramente determinada por actividad electrofisiológica antecedente al movimiento, y que es una construcción ligada a la acción.

En relación a la aparición de la conciencia, se encuentran dos visiones distintas: 1) aquellos quienes la ven como una irrupción puntual en el tiempo y sostienen que surge ya sea después y a causa de, o antes de la actividad cortical motora, y 2) los que ven su aparición como un proceso progresivo. En esta segunda posición resaltan Matsuashi, Hallett y Guggisberg, para quienes el surgimiento de la conciencia sería un proceso complejo, que pasaría progresivamente por diversas etapas, distinguiendo dos estados conscientes (conciencia de primer grado y meta-conciencia).

En cuanto a la tercera línea de investigación, se puede notar que mientras muchos científicos no dudaron de que Libet se encontraba estudiando actos verdaderamente libres, como Soon, Haynes, Matsuashi y Hallett, Banks e Isham, Freid; muchos otros creían que no era así, sobre todo porque los actos estudiados por Libet eran actos condicionados, mientras que un acto libre siempre es un acto que le da al sujeto la opción de elegir. Dentro de este último grupo están Heller y Heckenhausen, Haggard y Eimer (que dicen haber resuelto este problema dando a los participantes la opción de elegir qué mano mover) y Herrmann.

Finalmente, en cuanto a la cuarta línea, los problemas metodológicos señalados al experimento de Libet, pueden agruparse en dos: 1) la medición de los RP, y 2) la medición de la conciencia subjetiva. En el primer grupo encontramos problemas del tipo de cuándo considerar el comienzo del RP, según la propuesta de Miller y Trevena; o si es más conveniente utilizar la actividad cortical evocada (RP/LRP) de baja frecuencia, como midieron la mayoría, o de alta frecuencia, como midió Guggisberg; o si incluso puede llegarse a los mismos resultados midiendo la actividad de neuronas individuales, como hizo Fried.

En el segundo grupo se encuentra las grandes preguntas que muchos hicieron a Libet, y que es considerada una de las mayores críticas al experimento: en primer lugar, cómo es posible medir una experiencia subjetiva que depende del reporte del sujeto, y en segundo, si son los sujetos capaces de reportar con precisión el comienzo de un evento consciente. A su vez se cuestionó si es válido el reloj utilizado por Libet como método de medición de la experiencia subjetiva. Mientras que la mayoría de los científicos aquí

analizados pasaron por alto este punto, para algunos, como Herrmann y Matsuashi y Hallett, no era un tema trivial.

El experimento de Libet nos hace plantear, junto con otros científicos y filósofos, toda una serie de cuestiones. Desde sus resultados parecería poner en duda, para muchos, la existencia misma de la libertad humana. Sin embargo cabe preguntarse si realmente esto es así. Fried concluye ciertamente diciendo: «Las implicancias científicas, filosóficas y sociales de estos descubrimientos permanecen abiertos al debate».²² Sin pretender resolver estos debates, este artículo ha continuado las investigaciones alrededor de los mismos ofreciendo el marco estructural en el que se desarrollan al menos las cuatro líneas de investigación mencionadas arriba, facilitando, así, el diálogo futuro entre las ciencias empíricas y la antropología filosófica.

Bibliografía empleada

W. P. Banks e Isham, E. A., “We Infer Rather Than Perceive the Moment We Decided to Act”, en: *Psychol Sci.*, 2009 (20), pp. 17-21.

E. Callaway, Halliday, R. Naylor, H. y Thouvenin, D., “The latency of the average is not the average of the latencies”, en: *Psychophysiology*, 1984 (21), pp. 571.

I. Fried, Mukamel, R. y Kreiman, G., “Internally Generated Preactivation of Single Neurons in Human Medial Frontal Cortex Predicts Volition”, en: *Neuron*, 2011 (69:3), pp. 548-562.

A. Guggisberg, Dalal, S. S., Schnider, A. y Nagarajan, S. S., “The Neural Basis of Event-Time Introspection”, en: *Consciousness and Cognition*, 2011 (20), pp. 1899-1915.

²² Fried, I., et al.: *Internally cit.*, p. 557.

P. Haggard y Eimer, M., "On the Relation between Brain Potentials and the Awareness of Voluntary movements", en: *Exp Brain Res*, 1999 (126:1), pp. 128-133.

C. S. Herrmann, Pauen, M., Min, B-K., Busch, N. A. y Rieger, J. W., "Analysis of a Choice-Reaction Task Yields a New Interpretation of Libet's Experiments", en: *International Journal of Psychophysiology*, 2008 (67), pp. 151-157.

I. Keller y Heckhausen, H., "Readiness Potentials Preceding Spontaneous Motor Acts: Voluntary Vs. Involuntary Control", en: *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1990 (76), pp. 351-361.

H. Kornhuber y Deecke, L., "Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale", en: *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 1965 (284:1), pp. 1-17.

S. Kühn y Brass, M., "Retrospective Construction of the Judgement of Free Choice", en: *Consciousness and Cognition*, 2009 (18:1), pp. 12-21.

H. Lau, Rogers, R. y Passingham, R., "Manipulating the Experienced Onset of Intention after Action Execution", en: *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2007 (19:1), pp. 1-10.

B. Libet *et al.*, "Readiness Potentials Preceding Unrestricted Spontaneous Pre-Planned Voluntary Acts", en: *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1982 (54), pp. 322-325.

B. Libet *et al.*, "Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act", en: *Brain*, 1983 (106), pp. 623-642.

B. Libet, "Do We Have Free Will?", en: *Journal of Consciousness Studies*, 1999 (6: 8-9), pp. 47-57.

M. Matsushashi y Hallett, M., "The Timing of the Conscious Intention to Move", en: *European Journal of Neuroscience*, 2008 (28:11), pp. 2344-2351.

A. Schlegel, Alexander, P., Sinnott-Armstrong, W., Roskies, A. L., Tse, P. U. y Wheatley, T., "Barking up the Wrong Tree: Readiness Potentials Reflect Processes Independent of Conscious Will", en: *Exp Brain Res*, 2013 (126:1), pp. 128-134.

A. Sirigu, Daprati, E., Ciancia, S., Giraux, P., Nighoghossian, N., Posada, A. y Haggard, P., "Altered Awareness of Voluntary Action after Damage to the Parietal Cortex", en: *Nature Neuroscience*, 2004 (7:1), pp. 80-84.

Agustina Lombardi

C. Soon, Brass, M., Heinze, H., y Haynes, J., “Unconscious Determinants of Free Decisions in the Human Brain”, en: *Nature Neuroscience*, 2008 (11), pp. 543-545.

J. Trevena, y Miller, J., “Cortical Movement Preparation before and after a Conscious Decision to Move”, en: *Consciousness and Cognition*, 2002 (11), pp. 162-190.

Agustina Lombardi
Ian Ramsey Centre, University of Oxford
agustina.lombardi@theology.ox.ac.uk