

El Sentido de Agencia en el marco de los Modelos Internos.

Dadai Alejandra Astorga Méndez.
dadai.astorga@uaem.mx

Doctorado en Ciencias.
Centro de Investigación en Ciencias (CInC).
(UAEM).
Laboratorio de Robótica Cognitiva.

Comité

Dr. Bruno Lara Guzmán
Dr. Markus Müller Bender
Dra. Bernarda Téllez Alanís

Junio 2019.



Índice

| PÁGINA | | PÁGINA | |
|-----------|----------------------------------|-----------|------------------------|
| 3 | RESUMEN | 21 | PROPUESTA EXPERIMENTAL |
| 4 | INTRODUCCIÓN | 29 | PILOTO EXPERIMENTAL |
| 6 | SENTIDO AGENCIA (SoA) | 37 | CRONOGRAMA |
| 18 | PROPUESTA DE MODELO DEL (SoA) | 39 | REFERENCIAS |

Resumen

Bajo la premisa que tener un cuerpo es necesario para la cognición y, por lo tanto, un requisito previo para el comportamiento inteligente (Pfeifer y Bongard, 2006; Smith y Gasser, 2005), la Robótica Cognitiva Corporizada, centra su atención en el diseño de agentes artificiales capaces de realizar tareas cognitivas de forma autónoma. Un tema central en ello, consiste en estudiar, inspirados en modelos provenientes de las ciencias cognitivas, el proceso mediante el cual los agentes aprenden a través de la interacción con su entorno, (Lara, Astorga, Mendoza-Bock, Pardo, Escobar y Ciria, 2018). Tomando en cuenta lo anterior, posiblemente, uno de los principales retos a resolver, es lograr que un agente artificial pueda interactuar de manera efectiva con el ambiente, de modo que, logre construir conexiones causales entre su sistema y procesos internos y el mundo externo (Ziemke, 2001), que le permitan tener la capacidad de diferenciar entre las consecuencias que tienen sus acciones en el mundo de aquellas que son producidas por alguna causa externa, es decir, agentes artificiales que presenten formas básicas de autoconciencia corporal, como lo es el Sentido de Agencia (SoA). El SoA es un componente clave de la autoconciencia corporal y refiere a la experiencia que informa a un agente sobre su influencia causal en el mundo (Braun, 2017). Permitiéndole separar los movimientos propios de los inducidos por el entorno o por otros agentes (Kannape y Blanke, 2012). Se ha establecido que el SoA se deriva de la coherencia entre nuestra intención de actuar, la ejecución voluntaria de comandos motrices específicos y los efectos derivados de ello en el mundo. La presente investigación tiene como objetivo, mediante la realización de experimentos con agentes naturales, la construcción de un modelo coherente que permita comprender la contribución de las señales motrices, perceptuales y contextuales en la emergencia del SoA.

Hasta ahora, ningún robot tiene la capacidad de guiar de manera activa a través del aprendizaje permanente su desarrollo cognitivo (Oudeyer, Kaplan y Hafner, 2007), es decir, a diferencia de los humanos, tradicionalmente, una máquina no es autónoma cuando desarrolla sus habilidades, siendo posiblemente la construcción de un robot de este tipo uno de los mayores desafíos para la robótica actual.

En un principio, la inteligencia artificial (IA), fue descrita como una ciencia que estudiaría sistemáticamente el fenómeno de la "inteligencia". El objetivo de los investigadores en esta área, era la construcción de un sistema informático con la inteligencia y la capacidad de razonamiento de un ser humano adulto y lo lograrían utilizando computadoras para simular procesos inteligentes, bajo la suposición de que las operaciones lógicas ejecutadas por las computadoras podrían estructurarse para imitar los procesos del pensamiento humano (Brey, 2001).

Si bien, la IA ha logrado un éxito significativo en dominios específicos, fundamentalmente en la generación de algoritmos capaces de resolver problemas abstractos, no logró producir sistemas artificiales capaces de imitar habilidades humanas básicas, como los son procesos motrices o perceptuales (Mingers, 2001).

Por lo tanto, en los últimos años, investigadores en ciencias cognitivas e inteligencia artificial (IA) han criticado los enfoques tradicionales para modelar, construir y comprender los sistemas cognitivos, ya que no ponen suficiente énfasis en el cuerpo o la realización física de tales sistemas (Chrisley y Ziemke, 2006).

Como consecuencia, se ha sugerido que la inteligencia no puede reducirse a la forma de un algoritmo abstracto, como fue dicho por las teorías tradicionales, volviéndose necesario prestar atención al cuerpo y las formas en que la cognición se ve afectada y afecta al mundo físico. Llevando al planteamiento que el comportamiento

inteligente emerge de la interacción de un agente con su entorno y como resultado de su actividad sensoriomotriz (Smith y Gasser, 2005).

Bajo la premisa que tener un cuerpo es necesario para la cognición y, por lo tanto, un requisito previo para el comportamiento inteligente (Pfeifer y Bongard, 2006; Smith Y Gasser, 2005), la Robótica Cognitiva Corporizada, centra su atención en el diseño de agentes artificiales capaces de realizar tareas cognitivas de forma autónoma. Un tema central en ello, consiste en estudiar, inspirados en modelos provenientes de las ciencias cognitivas, el proceso mediante el cual los agentes aprenden a través de la interacción con su entorno, (Lara, Astorga, Mendoza-Bock, Pardo, Escobar y Ciria, 2018)

Tomando en cuenta lo anterior, posiblemente, uno de los principales retos a resolver, es lograr que un agente artificial pueda interactuar de manera efectiva con el ambiente, de modo que, logre construir conexiones causales entre su sistema y procesos internos y el mundo externo (Ziemke, 2001), que le permitan tener la capacidad de diferenciar entre las consecuencias que tienen sus acciones en el mundo de aquellas que son producidas por alguna causa externa, es decir, agentes artificiales que presenten formas básicas de autoconciencia corporal, como lo es el sentido de agencia (SoA), componente clave de la experiencia de la acción, que refiere a la sensación de control sobre nuestras acciones y sus efectos (Haggard y Tsakiris, 2009).

Para ello es imprescindible generar modelos a partir de experimentos con agentes naturales que permitan comprender cómo y qué elementos son determinantes en la percepción de la acción reconocida como propia.

1. SENTIDO DE AGENCIA [SoA]

Abandonar la idea de un yo unitario y en su lugar pensarlo de manera modular, es decir, constituido por unidades pequeñas de análisis, ha permitido muchas aclaraciones conceptuales importantes sobre el yo y, sobre todo, lo hace accesible a la investigación empírica (Braun, 2017).

Gallagher (2000) afirma que es posible simplificar varias nociones del yo en dos categorías; El "yo narrativo" (*Narrative self*) y el "yo mínimo" (*The minimal self*). El *yo narrativo* se extiende en el tiempo, para incluir recuerdos del pasado y las intenciones hacia el futuro, mientras el *yo mínimo* es fenomenológico y refiere a la conciencia de uno mismo como el sujeto inmediato de experiencia, sin extenderse en el tiempo (Gallagher, 2000) denominado también "*conciencia corporal*" (Braun, 2017). Esta autoconciencia inmediata está constituida por el sentido de propiedad (*self-ownership*) y el sentido de agencia (*Sense of agency*)(Gallagher, 2000).

El Sentido de Agencia (SoA) como un aspecto importante de la autoconciencia corporal, nos permite separar los movimientos propios de los inducidos por el entorno o por otros agentes (Kannape y Blanke, 2012) y refiere a la sensación de control sobre nuestras acciones y sus efectos (Haggard y Tsakiris, 2009), es decir, es la experiencia de controlar las propias acciones y, a través de estas acciones, los acontecimientos en el mundo (Haggard, 2017).

El SoA al ser la experiencia que informa al sujeto sobre su influencia causal en el mundo (Braun, 2017), es de suma importancia, en dos sentidos. El primero, es que le permite generar a los agentes asociaciones causales entre sus acciones (su cuerpo) y el mundo, y segundo, dichas asociaciones podrían posibilitar en el agente la capacidad de realizar acciones dirigidas a un objetivo, proporcionándole un instrumento para controlar el ambiente, provocar efectos deseados y evitar eventos desagradables (Haggard, 2017).

Para obtener este tipo de control, un organismo activo necesita algún tipo de conocimiento acerca de los efectos que probablemente seguirán una determinada acción en ciertas circunstancias. De esta manera se ha propuesto que el sentido de agencia está constituido por la experiencia que ocurre antes, durante y después de un movimiento muscular (Haggard, 2017). Dicho lo anterior, la experiencia de agencia no sólo implica el registro de que somos los iniciadores de nuestras acciones, es decir, de reconocer una sucesión de movimientos como propios, sino también estarían implicados los resultados que estos movimientos provocan en el mundo.

Si bien el SoA es la experiencia que informa al agente sobre su influencia causal en el mundo, no se traduce en una reproducción infalible de la realidad (Moore, 2016). La presencia de discrepancias en el SoA está relacionada con ciertas condiciones clínicas, tales como el síndrome de la mano alienígena (Sarva, Deik y Severt, 2014), Anosognosia por hemiparesia (Pia, Neppi-Modona, Ricci y Berti, 2004) y esquizofrenia (Moore, 2016), entre otras.

Los casos clínicos en los cuales el SoA se ve afectado, muestran que esta experiencia puede interrumpirse o afectarse de muchas maneras diferentes. En este sentido, puede verse perturbada de manera selectiva (síndrome de la mano alienígena) o experimentarse de manera inadecuada para una región específica del cuerpo (anosognosia por hemiparesia). En el caso particular de la esquizofrenia, el SoA puede estar debilitado, provocando que las personas con dicha condición experimenten que las consecuencias de sus acciones no son causadas por ellos, o en el caso inverso, experimentar la sensación de provocar efectos en el mundo que no derivan de sus acciones (Braun, 2017). Lo anterior evidencia que el SoA no es un fenómeno unitario, pero, sobre todo, estos casos permiten visualizar algunos de los elementos que de manera conjunta están implicados en el fenómeno.

Por lo tanto, se ha establecido que el SoA se deriva de la coherencia entre nuestra intención de actuar, la ejecución voluntaria de comandos motrices específicos y los efectos derivados de ello en el mundo.

Ahora bien, retomado la premisa que el SoA no es un fenómeno unitario, Synofzik, Vosgerau y Newen (2008) plantean que, para poder investigar la agencia ésta debe ser caracterizada en, por lo menos, dos niveles distintos. Primero, el sentido de agencia en un nivel básico, que referiría a la sensación de agencia (*feeling of agency*), que se caracterizaría por ser de un nivel perceptual primario, no conceptual, relacionado fundamentalmente con procesos sensoriomotrices. En este caso, la agencia sería el resultado de clasificar la acción motriz como auto-causada, lo cual no involucra que el agente haga atribuciones a sí mismo de manera explícita de la acción voluntaria o sus consecuencias, siendo una sensación exclusivamente en primera persona. Segundo, y en un nivel distinto a la sensación de agencia, está el juicio de agencia (*judgment of agency*). Un juicio de agencia implicaría la atribución explícita tanto de la acción como de sus consecuencias en el mundo, siendo de orden conceptual. Aunque el juicio de agencia puede sentar sus bases en la sensación de agencia, también puede ser construido mediante otros elementos informacionales del entorno.

Determinar de dónde proviene el sentido de agencia requiere especificar adecuadamente dónde puede producirse la ruptura a lo largo de la cadena intención-acción-efecto. La identificación de la ruptura puede a su vez depender de cómo elegimos especificar la cadena y de la relación causal entre sus constituyentes (Chambon, Sidarus, Haggard, 2014).

1.2. Propuestas explicativas del SoA.

Existen dos teorías explicativas en torno al SoA especialmente influyentes: la teoría del modelo comparador (*The comparator model*) (Frith, Blakemore y Wolpert, 2000) y la teoría de la inferencia retrospectiva (teoría de la aparente causación mental) (Wegner y Wheatly, 1999; Wegner, 2003).

1.2.1. Teoría del modelo comparador

Aunque originalmente se desarrolló como una teoría de aprendizaje y control motriz Wolpert (1997), el "modelo comparador" se usa cada vez más como una explicación del SoA. De acuerdo con esta teoría un elemento medular en el control motriz es la posibilidad de predecir las consecuencias de nuestra acción y para llevar a cabo dicha predicción, Wolpert (1997) plantea como concepto teórico la noción de modelo interno. Los modelos internos se clasifican en dos variantes: modelo directo y modelo inverso. El modelo directo, permiten capturar la relación directa o causal entre las entradas (situación sensorial actual) y las salidas al sistema (comando motriz), para predecir el estado siguiente (consecuencias sensoriales) de la ejecución de un comando motriz. Por otro lado, el modelo inverso, bajo una situación sensorial actual y un estado sensorial deseado proporciona el comando motriz necesario para alcanzar este último (Wolpert y Kawato, 1998). En este sentido el modelo inverso es fundamental en el control motriz.

Desde esta perspectiva, el sentido de agencia es el resultado del funcionamiento adecuado del control y monitoreo motriz involucrado en las acciones dirigidas a objetivos (Haggard y Chambon, 2012). Por lo tanto, la teoría del modelo comparador sugiere que la sensación de agencia se deriva de comparar la señal proveniente de la intención motriz, el efecto posterior de la acción y las predicciones de la retroalimentación que producirá la acción (Figura 1). Se propone que el modelo comparador traducen las intenciones en resultados y monitorea continuamente si las consecuencias de la acción ocurren o no, de la manera en que fueron predichas por el sistema sensoriomotriz (Chambon, et al. 2014).

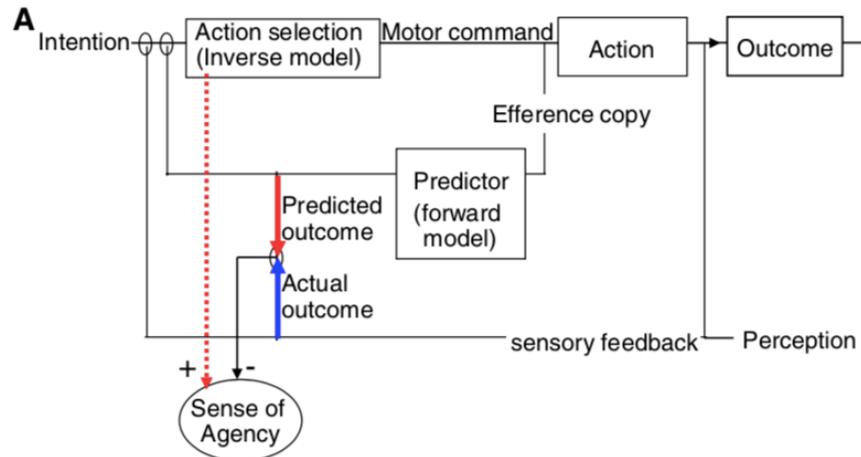


Figura 1. (A) Representación gráfica de la propuesta explicativa de la agencia en función de los modelos internos y las comparaciones sensorimotrices. El modelo inverso permite la selección de la orden motriz apropiada para lograr un objetivo determinado. El modelo directo predice el resultado del comando motriz seleccionado (flecha roja), la cual, es comparada con el resultado real proveniente de la retroalimentación sensorial (flecha azul). Un comparador coincide con señales prospectivas (flechas rojas) y señales retrospectivas (flecha azul). Si el resultado de la comparación es cero corresponde al sentido de agencia. Una segunda señal generada durante la selección de la acción contribuye directamente al sentido de agencia (flecha roja discontinua). Haggard y Chambon. (2012). Sense of agency. [Figura 1. The sense of agency].

En el marco de la teoría del modelo comparador, la agencia se calcula comparando las consecuencias predichas del movimiento y las experimentadas realmente. Siguiendo esta propuesta explicativa, el SoA debe ser fuerte cuando hay una coincidencia cercana entre las consecuencias sensoriales predichas y reales de una acción y debe reducirse cuando las consecuencias predichas y experimentadas no coinciden, además, el sentido de agencia necesariamente se produce tarde, es decir, después de que se haya realizado una acción, y la evidencia sensorial acerca de las consecuencias de la acción está disponible (Chambon, et al. 2014).

La propuesta del modelo comparador tiene un amplio respaldo empírico, ya que, se ha encontrado que tanto discrepancias espaciales como temporales entre una acción y su retroalimentación visual reducen la sensación de que la acción observada es propia, tal como lo predice dicha teoría. Una tarea típica de distorsión espacial en los experimentos realizados, es que los participantes recibieron retroalimentación visual distorsionada del movimiento de su mano (Farrer y Frith, 2002; Synofzik, Thier y

Lindner, 2006; David, Cohen, Newen, Bewernick, Shah, Fink, 2007) o fueron aplicados retardos temporales a las consecuencias de sus acciones (Leube, Knoblich, Erb, Grodd, Bartels y Kircher 2003; David, Stenzel, Schneider y Engel, 2011), ocasionando consistentemente rupturas en el SoA.

El punto clave de la teoría del modelo comparador como propuesta explicativa del SoA, radica en la premisa de que la capacidad del sistema sensorio-motriz de hacer predicciones es necesaria para anticipar y compensar los efectos sensoriales de nuestro movimiento. Esta capacidad del sistema es lo que permite distinguir entre los eventos auto-producidos, de aquellos que no lo son; distinción básica en la atribución de agencia.

1.2.2. Teoría de la inferencia retrospectiva

Esta visión aborda la cuestión de cómo el SoA surge desde una perspectiva muy diferente a la teoría del modelo comparador. Mientras que el modelo comparador asume que la predicción de las consecuencias sensoriales de una acción voluntaria es el principal mecanismo detrás del SoA, la perspectiva de la inferencia retrospectiva rechaza una participación tan fuerte del sistema motriz para el surgimiento del SoA.

Como lo dice su nombre, la teoría de la inferencia retrospectiva sugiere que el SoA es generado por un mecanismo, exclusivamente, de orden inferencial y retrospectivo (Johansson, Hall, Sikström y Olsson, 2005). Es decir, el SoA surge al realizar una inferencia retrospectiva después de que se ejecuta una acción, por lo que no deriva de procesos de control motriz. En este sentido, el SoA es la consecuencia de procesos interpretativos, específicamente, de inferencias causales sobre las relaciones entre pensamientos (intención) y acciones (Wegner, 2003; Wegner, 2010).

Por lo tanto, para Wegner (2003), las experiencias de agencia son en realidad intuiciones útiles sobre nuestra autoría, resultantes de una serie de inferencias que siguen los principios de percepción de la causalidad y la atribución (Einhorn y Hogarth,

1986; Michotte, 1963 citados en Wegner, 2003, p. 67). Es decir, principios de prioridad, coherencia y exclusividad que funcionan de la siguiente forma:

“Cuando un pensamiento aparece en la consciencia justo antes de una acción (prioridad), es consistente con la acción (consistencia) y no está acompañado por causas alternativas (exclusividad), nos atribuimos la autoría, es decir, nos experimentamos a nosotros mismos como agentes que conscientemente causamos nuestras acciones...” (Wegner, 2003, p. 67) [T. del A.].

Para Wegner (2003), el principal argumento para afirmar que la experiencia de agencia es producto de inferencias basadas en elementos informacionales exclusivamente contextuales, es que los agentes son susceptibles a errar o crear falsas experiencias de agencia. En este sentido, si el SoA depende de los mecanismos propuestos por el modelo comparador, en situaciones normales, el agente contaría con los recursos informacionales necesarios para siempre atribuirse exitosamente agencia.

1.3. Medición del SoA.

En la investigación sobre el SoA se han utilizado una gran variedad de paradigmas para medirlo. Sin embargo, siguiendo la taxonomía de Moore (2016), estos se pueden clasificar en métodos implícitos y explícitos de evaluación del SoA.

La medida explícita más común en la medición del SoA es la respuesta de un individuo a preguntas directas, como: "¿Hiciste eso?" "¿Fuiste tú?". Hacer un juicio de este tipo tiene el objetivo de reconocer en qué situaciones los participantes atribuyen las consecuencias sensoriales a la acción propia y no a alguna otra causa. Sin embargo, se ha encontrado un sesgo cognitivo constante en los estudios que utilizan juicios de agencia explícitos, consistente, en una tendencia de los participantes a sobreestimar la propia agencia, atribuyéndose erróneamente eventos que no están relacionados con su acción (Wegner y Wheatly, 1999; Tsakiris, Haggard, Franck, Mainy y Sirigu, 2005).

Por lo tanto, debido a los sesgos observados en los juicios de agencia en la investigación sobre el SoA, se ha propuesto que éste debe ser estudiado a través de medidas implícitas. Mismas que apuntan a capturar algún rasgo experiencial del SoA como una vía sólida para caracterizar y medir el fenómeno y de esta manera, evitar potencialmente los sesgos cognitivos que afectan los juicios explícitos.

Resultado de lo anterior, Haggard, Clark y Kalogeras (2002) reportan como marcador implícito del SoA una distorsión en la percepción del tiempo, nombrado efecto de vinculación temporal (*Binding Effect*). El efecto de vinculación temporal se caracteriza por la atracción perceptual entre una acción voluntaria y sus consecuencias sensoriales. Específicamente, el efecto consiste en percibir la acción voluntaria y sus consecuencias con un desfase temporal que parece “unirlos” en el tiempo. Esto es, los participantes indican que la acción voluntaria ocurrió tiempo después de haberla realizado y las consecuencias sensoriales antes de que sucedieran, en relación a su aparición temporal objetiva.

Afirmar que dicha compresión subjetiva del intervalo temporal entre una acción voluntaria y sus consecuencias sensoriales es el marcador implícito del SoA, se debe a que es un fenómeno que se encontró exclusivamente en tareas que involucraban la ejecución de una acción voluntaria y no así, en los casos que implicaban movimientos pasivos o involuntarios. Llevando, incluso a nombrar al efecto: “Efecto de vinculación intencional”.

Por lo tanto, Haggard et al. (2002) proponen al efecto de vinculación temporal como el mecanismo involucrado en la integración, en la consciencia, del vínculo entre una acción voluntaria y sus consecuencias sensoriales, argumentando que: "unir las acciones intencionales a sus efectos permite construir una experiencia consciente coherente de la agencia" (Haggard et al., 2002 p.385).

Confianza en la robustez del efecto de vinculación temporal, a menudo se considera que las diferencias encontradas en la magnitud de esta vinculación reflejan

la intensidad en la que se experimenta el SoA. Interpretando que este es sensible a una diversidad de manipulaciones en la cadena causal: intención-acción-consecuencia sensorial.

Ejemplo de ello y dado que un aspecto importante del SoA, además del control de la acción motriz, es la capacidad de influir en los acontecimientos del mundo, se ha encontrado que es permeable al grado de control que tiene el agente sobre los resultados de su acción. En concordancia con lo anterior, se ha reportado que la capacidad de elegir un resultado a través de la selección de acciones incrementa el sentido implícito de agencia, especialmente si el resultado es positivo (Beck, Di Costa, Haggard, 2017), así como, el SoA también se ve modificado si la elección de las consecuencias es de orden endógeno o exógeno (Khalighinejad, Di Costa, y Haggard, 2016).

También se ha demostrado que la precisión de la predicción sensoriomotriz y la creencia causal previa entre una acción voluntaria y su consecuencia sensorial, influyen en el SoA (Majchrowicz y Wierzchoń, 2018).

Incluso, se ha propuesto que las relaciones causales son suficientes en la vinculación temporal, ya que se encontró que el efecto ocurre en ausencia de una acción intencional, siempre y cuando se establezca una relación causal entre los eventos (Buehner y Humphreys, 2009; Buehner, 2015). Lo anterior, pone en duda la interpretación antes dada por Haggard, et al. (2002) al efecto de vinculación temporal, en donde la falta de éste en las condiciones sin presencia de acción voluntaria fue suficiente para ser interpretado como evidencia fuerte contra la capacidad explicativa de la inferencia retrospectiva en la aparición del SoA.

1.4. Algunas consideraciones relevantes en el contexto de la investigación sobre el SoA.

El modelo comparador sugiere que el mecanismo detrás del SoA es la comparación entre las predicciones y las consecuencias sensoriales de las acciones en el mundo. En

este sentido, cualquier desajuste en esta comparación justifica un sentido de agencia atenuado o ausente (Sirigu, Daprati, Pradat-Diehl, Franck, y Jeannerod, 1999). Sin embargo, se ha encontrado que aún cuando las consecuencias de la acción son inesperadas se produce el efecto de vinculación temporal (Majchrowicz y Wierzchoń, 2018).

Lo anterior, puede sugerir que las predicciones pueden no ser el único proceso que contribuye al SoA (Haggard, 2017). Por lo tanto, quizá el modelo comparador puede ser un mecanismo con funciones específicas en la agencia, sin ser el mecanismo explicativo de el SoA.

Ahora bien, en concordancia con la teoría de la inferencia retrospectiva, el SoA es la consecuencia de procesos interpretativos, específicamente asume que siempre y cuando exista coincidencia entre las intenciones previas y los resultados finales, el SoA debería mantenerse sin alteraciones. Sin embargo, se ha encontrado que un fallo durante la cadena causal entre estos elementos, aún cuando el resultado final sea el esperado, tiene como resultado que las personas lo atribuyan más al azar que a ellos mismos. Esto sugiere que los pasos intermedios mediante los cuales una acción conlleva a un resultado tienen implicaciones en el SoA (Caspar, Desantis, Dienes, Cleeremans, y Haggard, 2016).

Los problemas mencionados con ambas teorías explicativas, dejan en evidencia que aún no queda claro el papel, relevancia y manera en que funcionan tanto las predicciones, como las creencias causales de las consecuencias de una acción en la aparición del SoA. Especialmente tomando en cuenta que manipular diversas fuentes de información, como la realimentación sensorial real, las expectativas y las creencias tiene un impacto en la vinculación temporal. Por lo tanto, es necesario construir un modelo coherente que permita comprender cómo las señales motrices, perceptuales y contextuales se complementan o compiten entre sí para generar el SoA.

En la búsqueda de una respuesta a lo anterior, Caspar et al. (2016) proponen dejar de estudiar el SoA bajo una perspectiva instrumental simple (asociación de acción-consecuencia) que es la que tradicionalmente se ha considerado en los estudios sobre agencia, y en su lugar, sugieren identificar dónde pueden ocurrir las rupturas o modificaciones en el SoA a lo largo distintas cadenas causales que impliquen los tres elementos clave: intención-acción-consecuencias. Proponen que esta metodología podría, potencialmente, ayudar a entender los mecanismos cognitivos que sustentan el SoA (Caspar et al., 2016).

Por otro lado y relacionado con el efecto de vinculación temporal, si bien, Haggard, et al. (2002) especularon que una función cognitiva específica del sistema nervioso central es unir los eventos sensoriomotrices a la acción voluntaria, y que esta función es crucial para la experiencia normal de la agencia, sigue siendo importante aclarar ¿cuáles son las condiciones necesarias que deben cumplirse para que podamos estar seguros de que el efecto de vinculación temporal realmente indica un sentido pre-reflexivo de agencia? y finalmente, ¿cuál es exactamente la relación entre la agencia implícita y la agencia explícita? ya que un modelo coherente del SoA, además, debería ser capaz de explicar por qué las dos medidas a veces coexisten y otras se disocian.

1.5. Integración de señales: una alternativa a la dicotomía Modelo comparador / Inferencia retrospectiva.

El SoA es una experiencia frágil que se incrementa o atenúa en dependencia a señales internas y señales externas.

Tratando de disociar la contribución de las predicciones y la inferencia retrospectiva en la unión temporal, Moore y Haggard (2008) manipularon la probabilidad de aparición de una consecuencia después de una acción voluntaria, bajo la hipótesis que las consecuencias de la acción que aparecen el 75% de los ensayos son predecibles en comparación a aquellas que lo hacen sólo el 50%, ya que estas últimas operan bajo incertidumbre y en este caso no serían suficientes los procesos predictivos para explicar el fenómeno de vinculación temporal. Encontrando que el efecto de

vinculación temporal es más fuerte en la condición predecible, pero además pudieron ver que, en la condición de incertidumbre, el efecto apareció en los ensayos en los que sí hubo presencia de consecuencia después de la acción, proponiendo que en este caso el efecto de vinculación temporal es el resultado de inferencias causales.

Se ha propuesto, además, que las inferencias causales se basan en las propiedades de la relación acción-resultado, como la contingencia y contigüidad. La contingencia tiene lugar una vez que un evento sensorial se interpreta como una consecuencia del movimiento (Moore y Ohbi, 2012), mientras que la contigüidad se refiere a la proximidad temporal de la acción y el resultado. Sin embargo, el papel de la contigüidad en la vinculación temporal aún no está claro, ya que en el experimento realizado por Haggard, et al. (2002) examinaron el enlace temporal manipulando el tiempo de aparición del resultado de la acción utilizando intervalos de 250 ms, 450 ms y 650 ms, encontrando que la vinculación temporal era más débil en demoras más largas. En contraste, Buehner y Humphreys (2009) encontraron que la unión se conservó en los retrasos de acción-resultado de hasta 4 segundos.

Además, Moore y Haggard (2008) señalaron que la vinculación en la condición predecible fue modulada por el ensayo inmediatamente anterior, provocando un cambio significativo en el tiempo percibido entre la acción y su consecuencia. Enfatizando la presencia de efectos de aprendizaje en la aparición del efecto de vinculación temporal.

Dejando de lado la dicotomía que plantea que el SoA surge, o de señales internas (modelo comparador) o de señales externas (inferencia retrospectiva), Moore y Haggard (2008) proponen que es probable que ambas fuentes de información sean críticas y que el SoA depende de la integración de múltiples señales, que incluyen, pero no se limitan a predicciones sensoriomotoras y consecuencias de acción y que quizá la influencia relativa de estas señales está determinada por su confiabilidad. De esta manera, el sentido de agencia puede basarse en un mecanismo que integra de manera óptima una variedad de señales de agencia (Moore, Wegner, Haggard, 2009)

Moore y Haggard (2008) reconocen que gran parte de su propuesta es aún especulativa, aunque argumentan que hay varios casos, tanto en el contexto de SoA normal como interrumpido, donde esta perspectiva de señales múltiples, internas y externas, junto con la influencia de las creencias anteriores de un agente, parecen contribuir en la emergencia del SoA: Sin embargo, claramente, se requieren investigaciones adicionales que prueben explícitamente los planteamientos hechos por la propuesta de integración de señales.

2. PROPUESTA MODELO DEL SoA

Si bien, existe evidencia que respalda un vínculo entre el efecto de vinculación temporal y el SoA, la naturaleza exacta de esa relación aún no se ha comprendido completamente (Moore y Ohbi, 2012). Además de lo anterior y a la luz de lo reportado por Moore y Haggard (2008) y Buehner (2009; 2015), es importante replantearse cómo pueden interpretarse e integrarse el papel de las señales externas (no motrices) como lo son la contingencia entre una acción y su consecuencia sensorial, la contigüidad temporal y las creencias en la aparición del efecto de vinculación temporal y sobre todo entender qué función tienen éstas en el SoA.

El modelo propuesto en esta investigación pretende integrar la manera en que las señales motrices, perceptuales y contextuales tienen influencia en el SoA, y averiguar si es posible establecer alguna interacción entre dichas señales, como lo ha sugerido la propuesta de integración de múltiples señales de Moore y Haggard (2008). Siendo este el caso, pretendemos ilustrar la influencia relativa de las diversas señales en el SoA, mediante la caracterización del fenómeno de vinculación temporal.

El modelo propuesto prioriza como fuente de información para el SoA la coherencia entre consecuencias sensoriales predichas y consecuencias sensoriales percibidas, como lo propone la teoría del modelo comparador. La relación entre estos elementos da origen a creencias aprendidas respecto a la relación entre acciones motrices y efectos en el mundo.

La magnitud del efecto de vinculación temporal dependerá de la confiabilidad de las consecuencias sensoriales predichas en interacción con las creencias aprendidas respecto a lo que es probable que suceda en cierta tarea y contexto. De tal manera que mientras incrementa la confiabilidad entre las consecuencias sensoriales y las creencias la magnitud del efecto de vinculación temporal aumentará.

Por otra parte, si las consecuencias sensoriales no concuerdan con las creencias, el SoA dependerá de las características de dichas consecuencias sensoriales, tales como, la contingencia y contigüidad. Si las características de las señales incrementan la confiabilidad de las consecuencias sensoriales, provocará una modificación en las creencias respecto a la relación existente entre la acción voluntaria y las consecuencias percibidas y en consecuencia se presentará el efecto de vinculación temporal.

El efecto de vinculación temporal tiene la función de fortalecer asociaciones sensoriomotrices, entre ellas, el SoA.

Como se observa en la Figura 2. El tamaño del error resultante de la comparación entre las consecuencias sensoriales predichas (S^{*t+1}) de una acción y las consecuencias percibidas (S_{t+1}) da origen a creencias respecto a la relación entre acciones motrices y efectos en el mundo. Cuando las consecuencias sensoriales percibidas concuerdan con las creencias aprendidas se experimenta un cambio perceptual que vincula temporalmente las acciones a las consecuencias sensoriales, dicha experiencia temporal fortalece las asociaciones entre las acciones y consecuencias que un agente puede producir en el mundo, lo cual da lugar al SoA. En caso contrario, es decir, a falta de coherencia entre las consecuencias sensoriales de una acción y las creencias de un

agente respecto a la relación entre acciones motrices y efectos en el mundo, el SoA dependerá de la confiabilidad en términos de contingencia y contigüidad de las consecuencias de la acción percibidas por el agente. Si son suficientemente confiables, la vinculación temporal se presentará, fortaleciendo la nueva asociación y modificando la creencia previa del agente.

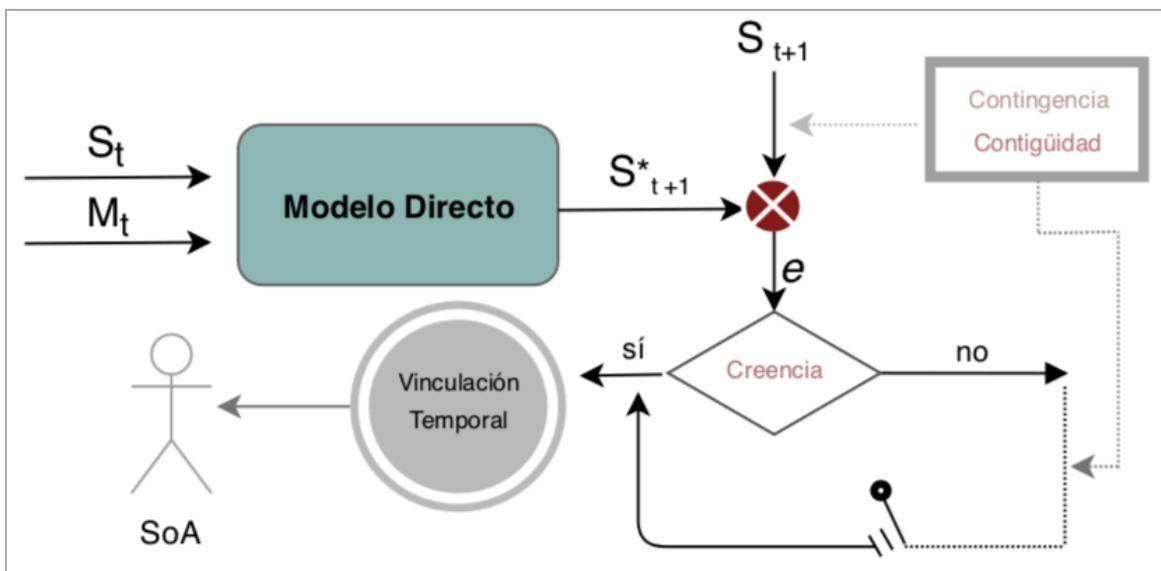


Figura Representación gráfica de la propuesta del Modelo del SoA.

3. PROPUESTA EXPERIMENTAL

3.1. Objetivo general

La presente investigación tiene como objetivo mediante la realización de experimentos con agentes naturales, la construcción de un modelo coherente del SoA, que permita comprender cómo las señales motrices, perceptuales y contextuales se complementan o compiten entre sí para generarlo y de esta manera esclarecer qué elementos propuestos por las teorías explicativas del SoA (modelo comparador, inferencia retrospectiva, integración de señales) son suficientes y/o necesarios, así como bajo qué condiciones cada uno de ellos opera.

3.2. Objetivos específicos

- I. Conocer el impacto de las creencias de un agente en el efecto de vinculación temporal. Lo anterior bajo un modelo experimental que permita comparar bajo las mismas condiciones y la misma tarea si tal impacto (en caso de presentarse) es significativo.
- II. Indagar cuál es la influencia de las señales externas, en este caso contingencia y contigüidad en el SoA y qué características deben tener para causar un desajuste y llevar a una evaluación del evento como producido externamente.
- III. Investigar si en el efecto de vinculación temporal, la información motriz es suficiente para producirlo.
- IV. Evaluar mediante su efecto en la vinculación temporal, si las señales internas y externas son aditivas, interactivas o se excluyen entre sí y en caso de ser excluyentes de qué depende que el agente utilice un tipo de señal determinado.
- V. Averiguar si es posible establecer alguna relación entre una medida implícita y explícita de agencia.

3.3. Preguntas de investigación

- a) ¿Las creencias previas en relación a las consecuencias de la acción tienen efecto en la vinculación temporal?
- b) ¿Qué características deben tener la relación acción-consecuencia sensorial para ser contingentes y cómo ello se ve reflejado en la vinculación temporal?
- c) ¿El efecto de vinculación temporal es sensible a la magnitud de la demora entre las acciones y sus consecuencias?
- d) ¿El efecto de vinculación se presenta siempre y cuando exista información motriz?
- e) ¿Cómo se afecta la vinculación temporal si señales internas y externas son coherentes o son contradictorias?
- f) ¿Cuál es la relación entre la agencia implícita y la agencia explícita?

3.4. Hipótesis

- La función del efecto de vinculación temporal es fortalecer las asociaciones provenientes de los cambios sensoriales del entorno derivados de las acciones de los organismos, siendo un mecanismo de asociación sensoriomotriz. Por lo tanto, la magnitud de esta vinculación reflejará bajo qué condiciones es relevante que los agentes establezcan asociaciones causales entre sus acciones y las consecuencias que perciben en el entorno.

3.5. Modelo experimental

Variables dependientes:

1. Vinculación temporal.
2. Juicio explícito de agencia.

Variables independientes:

1. Creencia.
2. Contingencia.
3. Contigüidad.

3.5.1. Medición de la vinculación temporal

Se utilizará el paradigma de vinculación temporal utilizado por Haggard, et al. (2002), para medir los juicios perceptuales de los participantes en relación a los eventos: ejecución de acción voluntaria y aparición de su consecuencia sensorial.

A lo largo de las diferentes tareas experimentales la **acción voluntaria** consistirá en oprimir una tecla, mientras que la **consecuencia sensorial** es un tono de 1000 Hz y 100 ms; características idénticas al tono utilizado por Haggard et al. (2002).

Para la realización de los juicios perceptuales, en cada uno de los ensayos se les presentará a los participantes un estímulo con la misma función que el utilizado por Haggard, et al. (2002), pero con algunas variaciones que consistieron en eliminar la mayor cantidad de pistas espaciales, con el objetivo de lograr mayor precisión en los juicios efectuados por los participantes. Cabe mencionar que el estímulo fue previamente validado y aún con los cambios realizados es consistente con los resultados reportados por Haggard, et al. (2002).

El estímulo consiste en una circunferencia color gris de 6.0 cm de diámetro sobre la que gira un cuadrado color negro de 0.5 centímetros por cada lado, sobre un fondo blanco (Figura 3). El cuadrado completa un ciclo (una vuelta completa a la

circunferencia) en 2560 ms. Manteniendo las características del modelo experimental desarrollado por Haggard, et al. (2002).

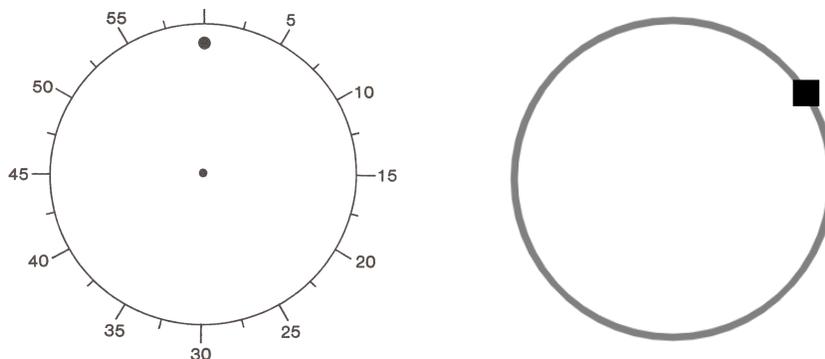


Figura 3. De lado izquierdo se presenta el reloj utilizado por Libet et al. (1983), mismo que fue utilizado en el diseño experimental de Haggard et al. (2002). De lado derecho, se presenta el estímulo que se utiliza en la presente investigación.

El estímulo utilizado funciona de la siguiente manera; al iniciar cada ensayo el cuadrado empezará a girar de manera automática, la posición de inicio del cuadrado será aleatorizada entre un total de 146 posiciones posibles con la intención de evitar respuestas estereotipadas.

Para la realización de los juicios relacionados con la ejecución de la acción y la aparición del tono, después de cada ensayo se les presentará a los participantes la misma circunferencia y se les pedirá que juzguen señalando sobre ella, el lugar en el que se encontraba el cuadrado en el momento en que sucedieron los eventos. Lo anterior lo harán dando un clic sobre la circunferencia indicando la posición en que se encontraba el cuadrado cuando dichos eventos sucedieron.

3.5.2. Medición de los juicios explícitos de agencia

Al final de cada tarea los participantes responderán a la pregunta explícita:

¿En qué medida sentiste que tu acción causó el sonido (tono)? (Suzuki, Lush, Seth, 2019) [T. del A.].

| | | | | |
|----------------|------------|------------------|-----------|-----------|
| 5 Demasiado | 4 Mucho | 3 Más o menos | 2 Poco | 1 Nada |
|----------------|------------|------------------|-----------|-----------|

3.5.3. Condiciones experimentales

La propuesta experimental está constituida por tres experimentos: Creencia, Contingencia y Contigüidad, cada uno con sus condiciones y tareas específicas (Tabla 1).

| Creencia | | Contingencia | | | Contigüidad | |
|-----------|--------------|------------------------------------|-----|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Probabilidad de aparición del tono | | Predictibilidad temporal del tono | | |
| Fuiste tú | No fuiste tú | 20% | 50% | 80% | [t] No predecible ↔ | [t] Predecible |
| | | | | | 250 ms. | 500 ms. |
| | | | | | 750 ms. | 1000 ms. |

Tabla 1. Muestra los experimentos con sus condiciones y tareas experimentales cada uno.

3.5.4. Descripción de las condiciones experimentales

Previo a cada tarea experimental los participantes realizarán un bloque experimental denominado “evento único”.

Además, al finalizar cada una de las tareas responderán al juicio explícito de agencia, con el objetivo de investigar bajo que condiciones y con qué características este se presenta.

Descripción general del bloque Evento único

El bloque evento único está conformado por dos tareas nombradas:

- Acción voluntaria
- Tono

Tiene como objetivo establecer una línea base en relación a los juicios realizados por los participantes, que consiste en identificar la media de error por individuo al juzgar los eventos: acción voluntaria y tono cuando dichos eventos no están relacionados, lo cual nos permitirá saber si existen cambios perceptuales significativos cuando los mismos eventos son juzgados en las diferentes condiciones experimentales.

Descripción general experimento 1: Creencia (eres tú /no eres tú)

El objetivo de este experimento es conocer si existe algún efecto en la vinculación temporal en dependencia a la creencia establecida previamente en los participantes en relación a su agencia sobre los resultados de la acción, es decir, que el participante crea o no que su acción voluntaria conlleva a la aparición del tono (Fig. 4).

Esta condición experimental está constituida por dos tareas:

- I. **Tarea ERES TÚ:** antes de iniciar la tarea se le presentará al participante unas instrucciones que de manera explícita le informen de su agencia, además de ello, previo a la realización de los ensayos tendrá un entrenamiento que le permita asociar que es su acción la que produce el tono.
- II. **Tarea NO ERES TÚ:** en este caso las instrucciones presentadas a los participantes informaran de manera explícita que su acción no tiene ninguna relación con la aparición del tono, también tendrán una fase de entrenamiento en la que corroborarán que su acción no produce ningún efecto.

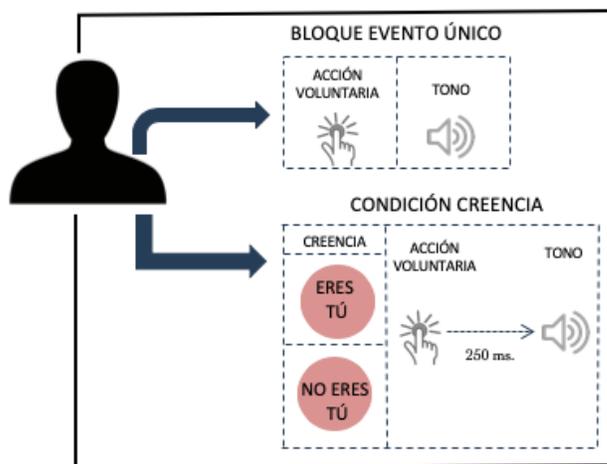


Figura 4. Representación gráfica experimento 1: Creencia, compuesta por dos tareas experimental (Eres tú/No eres tú).

Descripción general experimento 2: Contingencia (probabilidad de aparición del tono/predictibilidad temporal de aparición del tono).

El objetivo de este experimento es conocer el efecto de dos tipos de contingencias en la vinculación temporal. Aunque ambas contingencias están relacionadas con la predictibilidad de la consecuencia de la acción, la primera de ellas estará vinculada a la probabilidad de aparición del tono, mientras que en la segunda tarea se manipulará la predictibilidad temporal de la aparición del tono (Fig. 5 y 6).

Condición probabilidad de aparición del tono.

La predictibilidad de la consecuencia sensorial de la acción voluntaria refiere en este caso a la manipulación de la probabilidad de aparición que tendrá el tono después de que el participante realizó la acción voluntaria.

El tono aparecerá el 20%, 50% o 80% de las veces que el participante realizó la acción voluntaria.

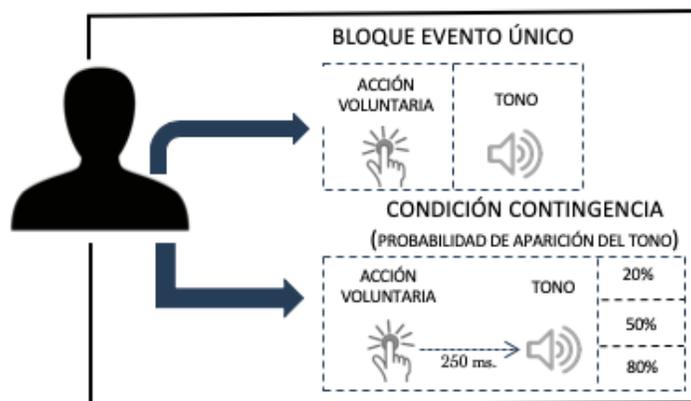


Figura 5. Representación gráfica de la condición probabilidad de aparición del tono, compuesta por 3 tareas: probabilidad = 20%, 50% o 80%.

Condición predictibilidad temporal de aparición del tono.

La predictibilidad de la consecuencia de la acción voluntaria dependerá de la relación temporal entre la acción voluntaria y la aparición del tono.

- I. **Tarea Relación temporal predecible:** Después de la realización de la acción voluntaria, el tiempo en el que aparece el tono siempre es el mismo.

II. **Tarea Relación temporal no predecible:** La aparición temporal del tono es aleatoria.

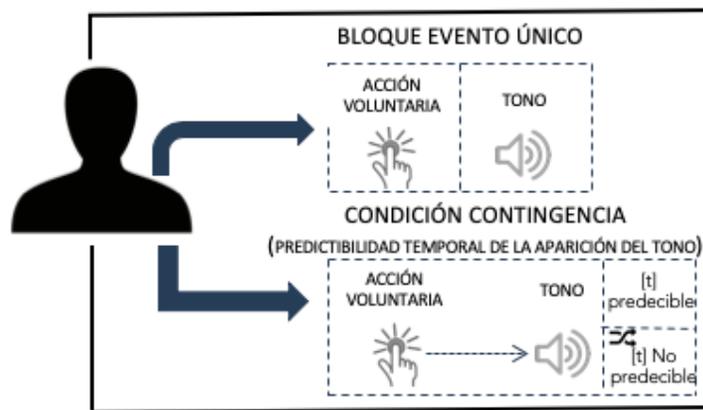


Figura 6. Representación gráfica de la condición predictibilidad temporal de aparición del tono, compuesta por 2 tareas: predecible y No predecible.

Condición contigüidad.

Debido a que aún no está claro la ventana temporal en la que el efecto de vinculación temporal se presenta, justamente, este bloque servirá para averiguar el impacto de la lejanía temporal entre la acción y su consecuencia en la vinculación temporal (Fig. 7).

Para ello se utilizarán los siguientes intervalos de tiempo: 250 ms., 500 ms., 750 ms. y 1000 ms. Es importante mencionar que los resultados obtenidos en este bloque experimental nos permitirán elegir con confiabilidad los intervalos de tiempo a utilizar en futuros experimentos.

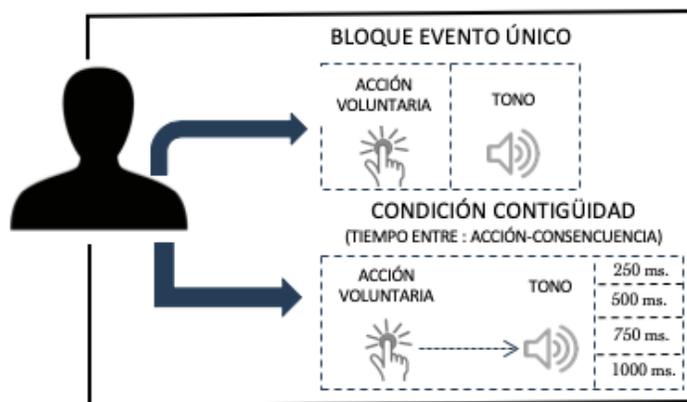


Figura 7. Representación gráfica de la condición contigüidad, compuesta por 4 tareas: relación temporal entre acción-consecuencia = 250 ms, 500 ms, 750 ms. o 1000 ms.

4. PILOTO EXPERIMENTAL

4.1. Participantes

Veinticinco participantes (15 mujeres), con un rango de edad de 18-37 años ($M= 23.6$), todos diestros y con visión normal o corregida, miembros de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. La colaboración de los participantes fue voluntaria y firmaron un consentimiento informado.

4.2. Modelo experimental

Diseño factorial mixto (2 x 3).

Variables independientes:

- Creencia (Fuiste tú/No fuiste tú).
- Contingencia (20%, 50%, 80%).

Variables dependientes:

- Vinculación temporal.
- Juicio explícito de agencia.

4.2.1 Medidas

Juicio implícito de agencia: vinculación temporal.

Juicio explícito de agencia: se realizó al final de la tarea experimental.

¿Cuánto sintió que su acción causó el tono? (Suzuki, Lush, Seth, 2019) [T. del A.].

| | | | | |
|----------------|------------|------------------|-----------|-----------|
| 5 Demasiado | 4 Mucho | 3 Más o menos | 2 Poco | 1 Nada |
|----------------|------------|------------------|-----------|-----------|

4.2.2. Condiciones experimentales

Condición 1. Creencia (Eres tú / No eres tú)

Está constituida por dos tareas:

- I. **ERES TÚ:** antes de iniciar la tarea se le presentaron al participante unas instrucciones que de manera explícita le informaron de su agencia, además de

ello, previo a la realización de los ensayos tuvieron un entrenamiento que le permitiera a los participantes asociar que es su acción la que produce el tono.

- II. **NO ERES TÚ:** en este caso las instrucciones presentadas a los participantes informaran de manera explícita que su acción no tiene ninguna relación con la aparición del tono, también tuvo una fase de entrenamiento en la que corroboró que su acción no produce ningún efecto.

Condición 2. Contingencia: probabilidad de aparición del tono.

La predictibilidad de la consecuencia sensorial de la acción voluntaria refiere en este caso a la manipulación de la probabilidad de aparición que tendrá el tono después de que el participante realizó la acción voluntaria.

El tono aparecerá el 20%, 50% o 80% de las veces que el participante realizo la acción voluntaria.

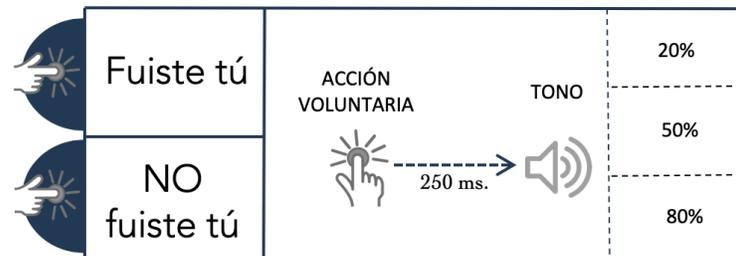


Figura 8. Condiciones experimentales, piloto.

4.2.3. Tareas experimentales

Siguiendo la propuesta de Caspar et al. (2016) en relación a dejar de estudiar el SoA bajo una perspectiva instrumental simple (asociación de acción-consecuencia) y en su lugar, identificar dónde pueden ocurrir las rupturas o modificaciones en el SoA a lo largo de distintas cadenas causales, se decidió manipular tanto la creencia sobre la agencia de las consecuencias de la acción y la probabilidad de aparición de las consecuencias de la acción en una misma tarea experimental.

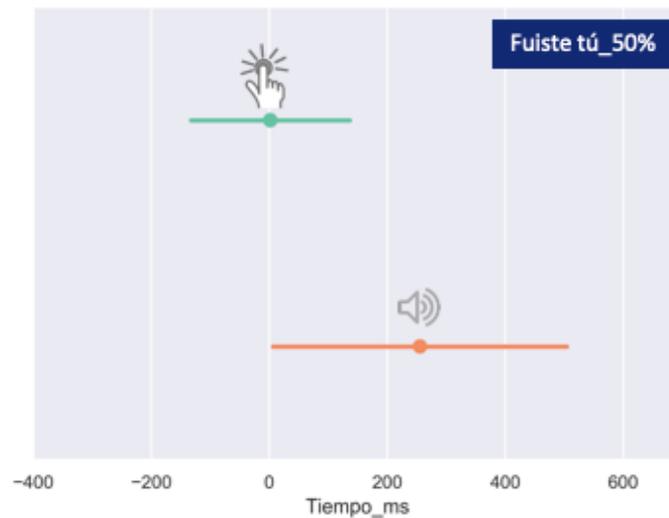
| Tarea | Creencias a priori | Probabilidad de aparición del tono. |
|-------|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | Fuiste tú | 20% |
| 2 | Fuiste tú | 50% |
| 3 | Fuiste tú | 80% |
| 4 | No fuiste tú | 20% |
| 5 | No fuiste tú | 50% |
| 6 | No fuiste tú | 80% |

Figura 9. Ilustra las 6 tareas experimentales realizadas en el piloto.

3.3. Resultados

Tarea 1.

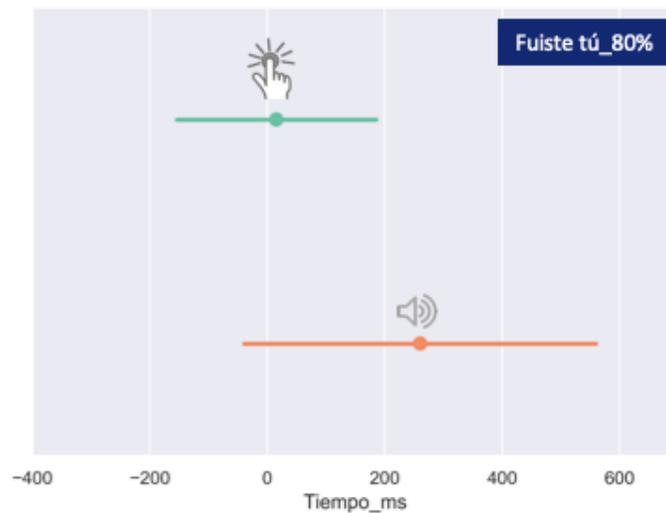
Media de error en ms. al juzgar los eventos Acción Voluntaria ($M=1.74$; $SD=\pm 134.4$) y Tono ($M=252.29$; $SD=\pm 246$) en la condición 1. Creencia: Fuiste tú y la aparición del tono después de la acción voluntaria tuvo una probabilidad de aparición del 50% (Gráfica 1).



Gráfica 1. Juicio perceptual de ejecución de acción voluntaria y aparición del tono, cuando los participantes fueron expuestos a la creencia de ser ellos los causantes del tono. En esta misma tarea el tono apareció el 50% de las veces en las que el participante ejecutó la acción voluntaria.

Tarea 2.

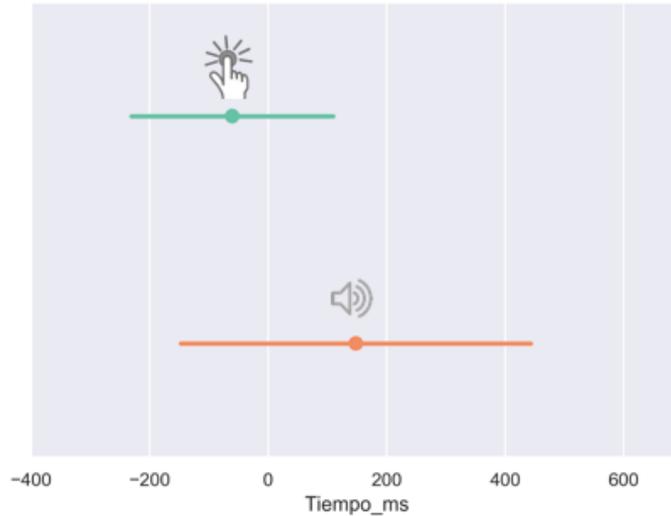
Media de error en ms. al juzgar los eventos Acción Voluntaria ($M=15.36$; $SD=\pm 169.62$) y Tono ($M=260.29$; $SD=\pm 299.54$) en la condición 1. Creencia: Fuiste tú y la aparición del tono después de la acción voluntaria tuvo una probabilidad de aparición del 80% (Gráfica 2).



Gráfica 2. Juicio perceptual de ejecución de acción voluntaria y aparición del tono, cuando los participantes fueron expuestos a la creencia de ser ellos los causantes del tono. En esta misma tarea el tono apareció el 80% de las veces en las que el participante ejecutó la acción voluntaria.

Tarea 3.

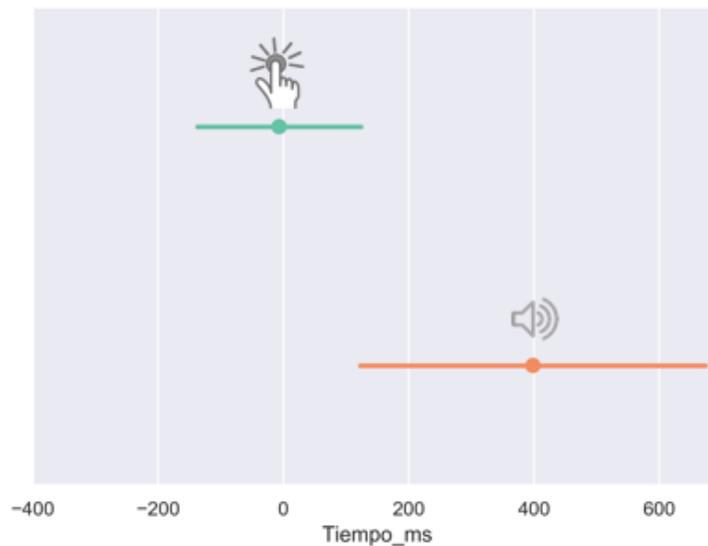
Media de error en ms. al juzgar los eventos Acción Voluntaria ($M=-60.50$; $SD=\pm 169.95$) y Tono ($M=169.95$; $SD=\pm 295.72$) en la condición 2. Creencia: No fuiste tú y la aparición del tono después de la acción voluntaria tuvo una probabilidad de aparición del 20% (Gráfica 3).



Gráfica 3. Juicio perceptual de ejecución de acción voluntaria y aparición del tono, cuando los participantes fueron expuestos a la creencia de NO ser ellos los causantes del tono. En esta misma tarea el tono apareció el 20% de las veces en las que el participante ejecutó la acción voluntaria.

Tarea 4.

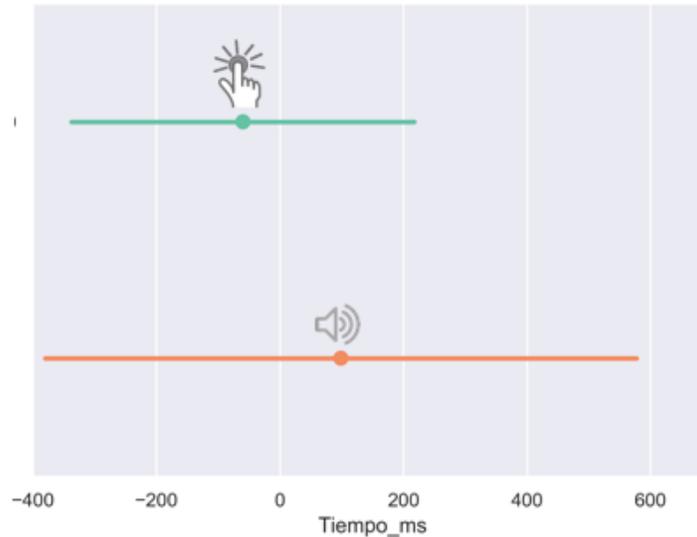
Media de error en ms. al juzgar los eventos Acción Voluntaria ($M=-6.78$; $SD=\pm 130.51$) y Tono ($M=398.46$; $SD=\pm 275.52$) en la condición 2. Creencia: No fuiste tú y la aparición del tono después de la acción voluntaria tuvo una probabilidad de aparición del 50% (Gráfica 4).



Gráfica 4. Juicio perceptual de ejecución de acción voluntaria y aparición del tono, cuando los participantes fueron expuestos a la creencia de NO ser ellos los causantes del tono. En esta misma tarea el tono apareció el 50% de las veces en las que el participante ejecutó la acción voluntaria.

Tarea 5.

Media de error en ms. al juzgar los eventos Acción Voluntaria ($M=-59.93$; $SD=\pm 277.26$) y Tono ($M=98.57$; $SD=\pm 478.41$) en la condición 2. Creencia: No fuiste tú y la aparición del tono después de la acción voluntaria tuvo una probabilidad de aparición del 80% (Gráfica 5).



Gráfica 5. Juicio perceptual de ejecución de acción voluntaria y aparición del tono, cuando los participantes fueron expuestos a la creencia de NO ser ellos los causantes del tono. En esta misma tarea el tono apareció el 80% de las veces en las que el participante ejecutó la acción voluntaria.

3.4. Análisis cuantitativo de resultados

Un ANOVA de medidas independientes de las medias de error en los juicios de Acción Voluntaria, no muestra diferencias significativas en dependencia a la tarea realizada por los participantes [$F_{1,24} = 1.884$, $p = .114$]. En el caso del tono, un análisis del mismo tipo, muestra diferencias significativas entre las medias de error en los juicios de aparición del tono en dependencia a la tarea realizada por el participante [$F_{1,24} = 6.198$, $p = .000$].

3.5. Consideraciones del piloteo

La varianza en los datos obtenidos bajo la configuración establecida en el piloto, no nos permitió establecer una caracterización clara de los efectos de las variables

manipuladas en cada tarea, es por ello, que la composición de las condiciones experimentales propuestas en el apartado 2. (método) se manipulan una a una las diversas fuentes de información, para poder establecer con claridad el efecto de estas, tanto en la vinculación temporal como en el juicio explícito de agencia.

Cabe mencionar que en el piloto no realizamos un bloque que nos permitiera tener una línea base de las medias de error en los juicios perceptuales de la acción voluntaria y del tono siendo juzgados de manera independiente. La ausencia de esta medida impide reconocer si existen cambios perceptuales relevantes cuando los mismos eventos son juzgados en relación a otros eventos y fuentes de información. La omisión de esta información se corrige en la propuesta experimental actual.

Otra consideración importante es que en el piloto los participantes debían juzgar en cada ensayo los eventos acción voluntaria y el tono, cuando ambos estaban presentes o sólo la acción voluntaria en caso que en ese ensayo no hubiese presencia del tono, debido a que la presencia de este podía ocurrir en un 20%, 50% u 80% de los ensayos. En relación a los anterior, los participantes reportaron tener dificultades en juzgar algunas veces uno de los eventos y otras ambos y al confundirse en cuántos juicios debían hacer, admiten haber realizado varias respuestas aproximadas a lo largo de la tarea experimental. Lo cual también es coherente con la varianza encontrada en los datos.

Para resolver la dificultad anterior, en los próximos experimentos los participantes sólo deberán juzgar la acción voluntaria o el tono a lo largo de la tarea experimental. Es importante mencionar que esta manera de juzgar los eventos es constantemente utilizada en las investigaciones sobre vinculación temporal, no representando un sesgo en nuestros futuros datos.

Finalmente y consientes de tener como objetivo la construcción de un modelo coherente del SoA que permita comprender cómo las señales motrices, perceptuales y contextuales se complementan o compiten entre sí para generarlo, la propuesta

experimental descrita en el apartado 2 (método), aún cuando manipula de manera aislada diferentes señales, nos permitirá establecer de manera clara el impacto que tienen estas señales, tanto en la vinculación temporal como en el juicio explícito de agencia las, creemos que sólo así podemos establecer posteriormente con claridad las interacción de los diferentes elementos en cadenas causales más amplias.

CRONOGRAMA

DOCTORADO EN CIENCIAS.

Centro de Investigación en Ciencias [CInC-UAEM].
LABORATORIO DE ROBÓTICA COGNITIVA.

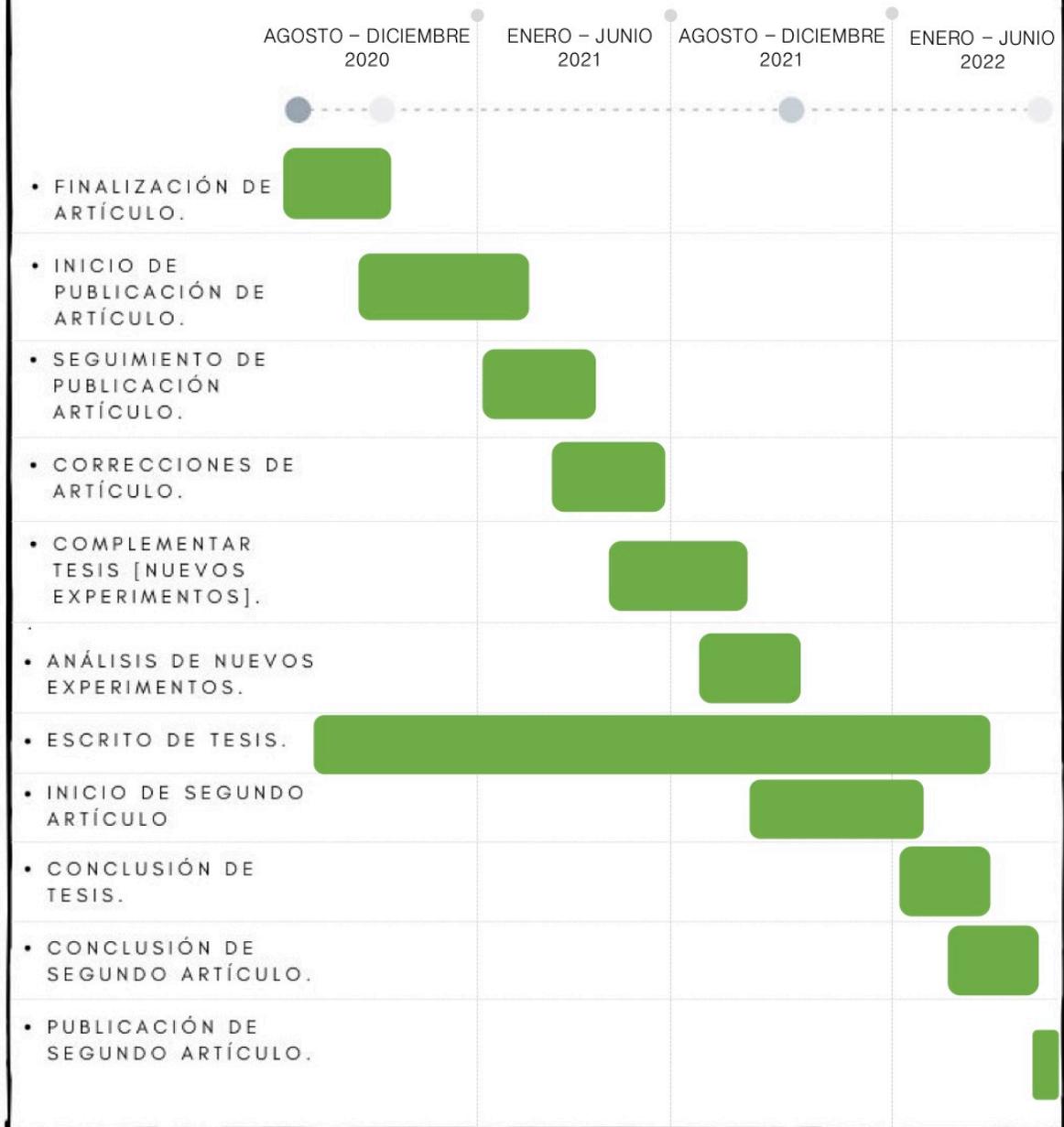
DADAI ALEJANDRA ASTORGA MÉNDEZ

COMITÉ DE TESIS:

DR. BRUNO LARA GUZMÁN, DR. MARKUS MÜLLER,
DRA. BERNARDA TELLEZ.



Proyecto:
**EL SENTIDO DE AGENCIA EN EL MARCO
 DE LOS MODELOS INTERNOS**



REFERENCIAS

- Beck, B., Di Costa, S., & Haggard, P. (2017). Having control over the external world increases the implicit sense of agency. *Cognition*, 162, 54-60.
- Buehner, M. J. (2015). Awareness of voluntary and involuntary causal actions and their outcomes. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 2(3), 237.
- Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2009). Causal binding of actions to their effects. *Psychological Science*, 20(10), 1221-1228.
- Braun, N. (2017). *Neurocognitive Aspects and Clinical Relevance of Bodily Self-awareness* (Doctoral dissertation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg).
- Brey, P. (2001). 'Hubert Dreyfus - Human versus Machine'. In: Achterhuis, H. (ed.), *American Philosophy of Technology: The Empirical Turn*, Indiana University Press, 37-63.
- Caspar, E. A., Desantis, A., Dienes, Z., Cleeremans, A., & Haggard, P. (2016). The sense of agency as tracking control. *PloS one*, 11(10), e0163892.
- David, N., Cohen, M. X., Newen, A., Bewernick, B. H., Shah, N. J., Fink, G. R., et al. (2007). The extrastriate cortex distinguishes between the consequences of one's own and others' behavior. *Neuroimage* 36, 1004–1014. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.030
- David, N., Stenzel, A., Schneider, T. R., and Engel, A. K. (2011). The feeling of agency: empirical indicators for a pre-reflective level of action awareness. *Front. Psychol.* 2:149. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00149
- Chambon, V., Sidarus, N., & Haggard, P. (2014). From action intentions to action effects: how does the sense of agency come about?. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 320.
- Chrisley, R., & Ziemke, T. (2006). Embodiment. *Encyclopedia of cognitive science*.
- Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, C. D., Decety, J., and Jeannerod, M. (2003). Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *Neuroimage* 18, 324–333. doi: 10.1016/s1053-8119(02)00041-1
- Frith, C. D., Blakemore, S. J., & Wolpert, D. M. (2000). Abnormalities in the awareness and control of action. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 355(1404), 1771-1788.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 14-21.
- Haggard, P. (2017). Sense of agency in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(4), 196-207.
- Haggard, P., Clark, S., & Kalogeras, J. (2002). Voluntary action and conscious awareness. *Nature neuroscience*, 5(4), 382-385.

- Haggard, P., & Chambon, V. (2012). Sense of agency. *Current Biology*, 22(10), R390-R392.
- Haggard, P., & Tsakiris, M. (2009). The experience of agency feelings, judgments, and responsibility. *Current Directions in Psychological Science*, 18(4), 242-246.
- Johansson, P., Hall, L., Sikström, S., & Olsson, A. (2005). Failure to detect mismatches between intention and outcome in a simple decision task. *Science*, 310(5745), 116-119.
- Kannape, O. A., & Blanke, O. (2012). Agency, gait and self-consciousness. *International Journal of Psychophysiology*, 83(2), 191-199.
- Khalighinejad, N., Di Costa, S., & Haggard, P. (2016). Endogenous action selection processes in dorsolateral prefrontal cortex contribute to sense of agency: a meta-analysis of tDCS studies of 'intentional binding'. *Brain stimulation*, 9(3), 372-379.
- Lara, B., Astorga, D., Mendoza-Bock, E., Pardo, M., Escobar, E., & Ciria, A. (2018). Embodied Cognitive Robotics and the learning of sensorimotor schemes. *Adaptive Behavior*, 26(5), 225-238.
- Leube, D. T., Knoblich, G., Erb, M., Grodd, W., Bartels, M., and Kircher, T. T. (2003). The neural correlates of perceiving one's own movements. *Neuroimage* 20, 2084–2090. doi: 10.1016/j.neuroimage.2003.07.033
- Majchrowicz, B., & Wierzchoń, M. (2018). Unexpected action outcomes produce enhanced temporal binding but diminished judgement of agency. *Consciousness and cognition*, 65, 310-324.
- Mingers, J. (2001). Embodying information systems: the contribution of phenomenology. *Information and organization*, 11(2), 103-128.
- Moore, J. W. (2016). What is the sense of agency and why does it matter. *Frontiers in Psychology*, 7, 1–9.
- Moore, J., & Haggard, P. (2008). Awareness of action: Inference and prediction. *Consciousness and cognition*, 17(1), 136-144.
- Moore, J. W., & Obhi, S. S. (2012). Intentional binding and the sense of agency: a review. *Consciousness and cognition*, 21(1), 546-561.
- Moore, J. W., Wegner, D. M., & Haggard, P. (2009). Modulating the sense of agency with external cues. *Consciousness and cognition*, 18(4), 1056-1064.
- Oudeyer, P. Y., Kaplan, F., & Hafner, V. V. (2007). Intrinsic motivation systems for autonomous mental development. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 11(2), 265-286.
- Pia, L., Neppi-Modona, M., Ricci, R., & Berti, A. (2004). The anatomy of anosognosia for hemiplegia: A meta-analysis. *Cortex*, 40(2), 367–377.
- Pfeifer, R., & Scheier, C. (2001). *Understanding intelligence*. MIT press.

- Sarva, H., Deik, A., & Severt, W. L. (2014). Pathophysiology and treatment of alien hand syndrome. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*, 4.
- Sirigu, A., Daprati, E., Pradat-Diehl, P., Franck, N., & Jeannerod, M. (1999). Perception of self-generated movement following left parietal lesion. *Brain*, 122(10), 1867-1874.
- Smith, L., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial life*, 11(1-2), 13-29.
- Synofzik, M., Thier, P., and Lindner, A. (2006). Internalizing agency of self-action: perception of one's own hand movements depends on an adaptable prediction about the sensory action outcome. *J. Neurophysiol.* 96, 1592-1601. doi: 10.1152/jn.00104.2006
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008). Beyond the comparator model: a multifactorial two-step account of agency. *Consciousness and cognition*, 17(1), 219-239.
- Tsakiris, M., Haggard, P., Franck, N., Mainy, N., & Sirigu, A. (2005). A specific role for efferent information in self-recognition. *Cognition*, 96(3), 215-231.
- Wegner, D. M. (2003). The mind's best trick: how we experience conscious will. *Trends in cognitive sciences*, 7(2), 65-69.
- Wegner, D. M., & Wheatley, T. (1999). Apparent mental causation: Sources of the experience of will. *American psychologist*, 54(7), 480.
- Wolpert, D. M. (1997). Computational approaches to motor control. *Trends in cognitive sciences*, 1(6), 209-216.
- Wolpert, D. M., & Kawato, M. (1998). Multiple paired forward and inverse models for motor control. *Neural networks*, 11(7), 1317-1329.
- Ziemke, T. (2001, September). Are robots embodied. In First international workshop on epigenetic robotics Modeling Cognitive Development in Robotic Systems (Vol. 85, pp. 701-746).