



Universidad Autónoma del Estado  
de Morelos



Centro de Investigación Transdisciplinar en Psicología

Predicción de eventos externos

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO EN:

Maestro en Ciencias Cognitivas

PRESENTA:

Oscar Alejandro Peña Granados

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Bruno Lara Guzmán

Enero de 2017

**Agradecimientos:**

A mis padres, Rafaela y Martín de quienes siempre he recibido apoyo y respaldo. Y quienes han sido un ejemplo para mí.

A mi pareja Miriam, quien en todo momento me brindó apoyo y ayuda durante el desarrollo del presente escrito. Sin su apoyo y comprensión no hubiera sido posible.

A mis compañeros de generación Elia y Carlos, quienes con sus palabras, consejos y apoyo me ayudaron al desarrollo del presente trabajo.

A mi comité, en particular al Dr. Lara y a la Mtra. Ciria, quienes me han guiado y asesorado desde el comienzo del presente trabajo, me apoyaron en todo momento y ayudaron en los no pocos problemas que se presentaron.

A Enrique Olguín y Alejandro Bravo, quienes con su apoyo y asesoría como programadores fue posible el desarrollo del experimento.

A los integrantes del Laboratorio de Robótica, de quienes recibí apoyo, guía y consejo en todo momento y de la mejor manera.

A CONACYT por haberme brindado el apoyo financiero que sirvió para poder desarrollar el presente trabajo.

## Índice:

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Pregunta de investigación</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Hipótesis y Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>2. Contexto de la investigación</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Modelos Internos</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 ¿Qué es un modelo directo?</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Teoría de la Simulación</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Teoría de Codificación Común</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Sistemas de Neuronas Espejo</b>	<b>9</b>
<b>3. Investigación sobre predicción</b>	<b>11</b>
<b>3.1 ¿Qué es una predicción?</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Generación de predicciones</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Investigación sobre predicción</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1 Predicción de acciones</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2 Predicción de eventos externos</b>	<b>21</b>
<b>4. Experimento</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Método</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1 Material</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 Escenario experimental</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3 Procedimiento</b>	<b>27</b>
<b>5. Análisis de resultados</b>	<b>31</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>35</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>38</b>
<b>Anexos</b>	<b>42</b>

**Índice de figuras:**

**Figura 1. Diagrama de un Modelo Directo ..... 5**

**Figura 2. Diagrama de la ejecución de un comando motriz ..... 13**

**Figura 3. Material ..... 26**

**Índice de tablas:**

<b>Tabla 1. Visualización del laberinto .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 2. Condiciones y Fases del experimento .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 3. Estadísticos Descriptivos del Número de Aciertos .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 4. Estadísticos Descriptivos del Tiempo de Reacción .....</b>	<b>32</b>

**Resumen:**

Dentro de las Ciencias Cognitivas existe la propuesta de que el cerebro genera e incorpora información de estados futuros del cuerpo o el ambiente. Existen varias explicaciones de cómo se genera tal información, y una es la propuesta de que contamos con mecanismos neuronales que funcionan como Modelos Directos en el Sistema Nervioso. Dicha propuesta parte de generamos predicciones de nuestros estados sensoriales futuros por medio de la simulación de un comando motriz. Tal propuesta es el marco teórico del que parte el presente trabajo.

Bajo la idea de que contamos con Modelos Directos se han realizado una amplia variedad de experimentos tanto conductuales como por parte de las neurociencias. Sin embargo faltan estudios que investiguen si la cantidad de información que disponemos al codificar eventos externos interviene en nuestro desempeño en predecir el resultado de dichos eventos. Es por ello que en el presente trabajo se realizó un experimento en el cual se comparó el desempeño de participantes al predecir eventos externos entre condiciones en las cuales se variaba la cantidad de información que disponían al codificar eventos externos para después predecir los resultados de eventos que les eran conocidos y desconocidos.

## 1. Introducción

Un campo de estudio en las Ciencias Cognitivas se centra en el estudio de los procesos y mecanismos que intervienen en el control de nuestras acciones (Wolpert et al., 2003). Por otra parte, hace poco más de dos décadas Wolpert y colaboradores (1995) basados en la teoría de control clásica, realizaron la propuesta teórica de que contamos con Modelos Internos en nuestro Sistema Nervioso los cuales intervienen en el control de nuestras acciones. A través de los años, a la propuesta de que contamos con Modelos Internos se le ha prestado interés desde otras áreas, como en psicología cognitiva y neurociencias. En particular el interés se ha centrado en la idea de que contamos con mecanismos neuronales que funcionan como Modelos Directos (Kawato, 1999).

El presente trabajo toma como núcleo la propuesta hecha por Wolpert y colaboradores (1995) que nuestros Modelos Directos generan predicciones de los resultados sensoriales de ejecutar de un comando motriz. Ya que es una propuesta que ayuda a explicar nuestro control motriz así como la planeación y reconocimiento de nuestras acciones sin aludir a procesos cognitivos de alto nivel. Debido a que un Modelo Directo para generar predicciones requiere de información sensorial y motriz de nuestras acciones, así como información de la retroalimentación sensorial que la ejecución que éstas producen (Wolpert et al., 1995). Por lo tanto, alude a procesos de bajo nivel (percepción y acción).

Con respecto a los fundamentos teóricos y evidencia empírica en la cual se fundamenta la propuesta de que contamos con Modelos Directos, encontramos a la Teoría de la Codificación Común (Hommel et al., 2001), ésta plantea que los mismos códigos involucrados en la realización de acciones lo están en la percepción de las mismas. De modo que, códigos comunes son activados internamente al realizar la acción y por estímulos externos al percibir la misma (Hecht et al., 2001). Además, la propuesta de que contamos con Modelos Directos también se fundamenta en la Teoría de la Simulación (Barsalou, 2008), la cual plantea que somos capaces de recrear vivencias (perceptuales y motrices) sin la necesidad de ejecutar la acción o de un estímulo externo que ocasione la información perceptual que se simula. Por otra parte, evidencia experimental de neuroimagen muestra una fuerte y selectiva actividad de zonas y patrones cerebrales altamente similares cuando ejecutamos una acción y cuando vemos que alguien más la realiza (Kilner et al., 2007). Lo cual ha llevado a la propuesta de que los humanos contamos con un Sistema de Neuronas Espejo, y éste simula las acciones que percibimos.

Desde que se hizo la propuesta de que contamos con Modelos Directos a la actualidad, se han realizado una amplia variedad de investigaciones y experimentos que parten de este marco teórico con el fin de conocer más este mecanismo de control motriz. Por ejemplo, se han realizado experimentos para el estudio de cómo se modulan y corrigen movimientos rápidos tales como el agarre de objetos, los cuales apuntan a que predicciones intervienen en el control de dichos movimientos (Desmurget y Gratton, 2000). También estudios de auto-estimulación apuntan a que predicciones intervienen en que atenúemos las variaciones en la entrada sensorial provocadas por las propias acciones, y no a aquellas resultantes de un cambio en el medio (Blakemore et al., 2000).

Con respecto a la propuesta de que generamos predicciones, investigaciones sobre autoría muestran que las personas tenemos un mejor desempeño en reconocer las acciones de las cuales somos autores (Loula et al., 2005; Repp y Knoblich, 2004). También se ha reportado que tenemos un mejor desempeño al predecir el resultado final de una conducta cuando vemos nuestros propios movimientos que, cuando observamos los de alguien más (Knoblich y Flach, 2001; Knoblich et al., 2002). Por otra parte, en esta línea de pensamiento se ha lanzado la propuesta teórica de que el sistema senso-motriz interviene no sólo en generar predicciones de acciones sino que, también interviene en generarlas para todos los eventos externos y ajenos a nuestras acciones a los cuales estamos expuestos diariamente (Schubotz, 2007).

Sin embargo, en el desarrollo de los estudios queda por ahondar más en si la cantidad de información que disponemos al codificar esquemas senso-motrices de eventos externos interviene en nuestro desempeño en predecir el resultado de dichos eventos. Es por ello que el presente trabajo busca contribuir en el estudio de predicción de eventos externos, mediante el desarrollo y aplicación de un experimento que tiene por objetivo investigar si el desempeño que tenemos al predecir eventos externos esta relacionado con ser autores de los mismos o con la cantidad de información que se tiene al codificarlos.



## **1.1 Pregunta de investigación**

¿La cantidad de información que se dispone al codificar los esquemas senso-motrices de eventos externos interviene en el desempeño al predecir el resultado de tales eventos?

## **1.2 Hipótesis y Objetivos**

### **Hipótesis:**

Los individuos tendrán un mejor desempeño en la predicción de eventos externos de los cuales han sido autores.

### **Objetivos**

- ° Explorar el tema de predicción y Modelos Directos, así como la relación entre percepción y motricidad.
- ° Investigar la relación de predicción y esquemas senso-motrices.
- ° Fundamentar y realizar una propuesta experimental para estudiar si existen diferencias en el desempeño de predicción de eventos externos de los que se es autor.

## 2. Contexto de la investigación

Un campo de estudio dentro las Ciencias Cognitivas se centra en el estudio de los procesos cognitivos que intervienen en nuestro control motriz, partiendo de explicaciones que tomen en cuenta la interacción de nuestro cuerpo con el ambiente (Barsalou, 2008). Ya que por medio del cuerpo interactuamos con el medio y obtenemos información de cómo cambia el mundo con nuestras acciones. Por lo tanto, es de suponer que percepción y acción estén altamente vinculadas pues, es mediante estos procesos que interactuamos y recibimos información del medio (Knoblich y Flach, 2001).

Con respecto a cómo logramos un control de nuestras acciones, se ha propuesto la hipótesis de que predicciones de los resultados sensoriales esperados de la ejecución de un comando motriz intervienen en la planeación, control y monitoreo de nuestras conductas (Wolpert et al., 1995). Y una explicación de cómo generamos predicciones es la hipótesis de que contamos con mecanismos neuronales que funcionan como Modelos Directos (Wolpert et al., 2003).

El presente trabajo parte de la propuesta de que contamos con modelos **Modelos Directos**, la cual tiene como base la **Teoría de Codificación Común**, la **Teoría de la Simulación** y la hipótesis que los seres humanos contamos con un **Sistema de Neuronas Espejo**. La tesis central de estas posturas se expone a continuación:

### 2.1 Modelos Internos

Los Modelos Internos (Jordan y Rumelhart, 1992) son conceptos teóricos provenientes de la teoría de control clásica, que se caracterizan por imitar procesos naturales. Uno de estos modelos es el Modelo Directo (MD), el cual predice los resultados sensoriales de la ejecución de un comando motriz.

### 2.1.1 ¿Qué es un modelo directo?

Un Modelo Directo (Wolpert et al., 1995) es un tipo de Modelo Interno, que captura la relación causal entre la ejecución de un comando motriz y las consecuencias sensoriales que su ejecución provoca. Para generar una predicción, un Modelo Directo (MD) requiere como entrada el comando motriz que se pretende ejecutar ( $M_t$ ) así como del estado sensorial antes de su ejecución ( $S_t$ ). El MD simula la ejecución del  $M_t$  y da como salida la predicción ( $S_{t+1}$ ), esto es, el estado sensorial de realizarse  $M_t$ . (ver Figura 1).



Figura 1. Diagrama de un Modelo Directo.

A la izquierda la información de entrada del modelo: información del estado sensorial inicial del agente ( $S_t$ ) e información del comando motriz que se pretende ejecutar ( $M_t$ ).

El Modelo Directo simula la ejecución de  $M_t$  y da como resultado la predicción en los cambios sensoriales de su realización ( $S_{t+1}$ ).

Se ha propuesto que los seres humanos contamos con Modelos Directos en el Sistema Nervioso (Miall y Wolpert, 1996). Ya que su función como “predictores” ayuda a dar cuenta de nuestro control motriz, y brinda una posible solución a problemas que surgen al dar explicación al control de nuestras acciones, tales como: el control de movimientos rápidos (Desmuguer y Grafton, 2000; Flanagan y Wing, 1997), la discriminación de variaciones en la entrada sensorial ocasionadas por los propios movimientos (refarentes) de aquellas ocasionadas por cambios en el medio (exaferentes) (Crapse y Sommer, 2008; Blakemore et al., 1999 y 2000), y el aprendizaje motriz (Wolpert, et al., 2001).

Con respecto al problema que se tiene al tratar de explicar a los movimientos rápidos, es que existe un retraso temporal entre la ejecución de un comando motriz y la retroalimentación sensorial que su ejecución provoca. Este desfase tiene como consecuencia la problemática de cómo es que se corrigen los movimientos de manera

rápida o bien sin la necesidad de ejecutarlos en su totalidad. Por lo tanto, es necesaria una explicación a tales movimientos y, los Modelos Directos la proporcionan. Debido a que un Modelo Directo proporciona información del resultado sensorial de un comando motriz antes de su ejecución, los movimientos pueden ser corregidos antes o durante su ejecución de manera rápida. Ya que, no se precisa de la retroalimentación sensorial para tal efecto (Desmuget y Grafton, 2000).

En relación a el problema de cómo logramos discriminar las variaciones en la entrada sensorial reaférentes de las exaférentes, es importante una solución. Ya que si se procesan todas las entradas sensoriales sería sumamente costoso y no sería muy eficiente procesar las reaférentes (Crapse y Sommer, 2008). Por lo tanto, una explicación de tal proceso se hace necesaria, y los Modelos Directos la brindan. Puesto que, los Modelos Directos proporcionan una predicción de los cambios sensoriales que la ejecución de un comando motriz provocará, podemos comparar los resultados reales de realizarlo con la predicción. Si tal comparación coincide entonces el procesamiento de tales entradas sensoriales es atenuado ya que se interpretan como estímulos reaférentes y, se presta mayor atención a los exaférentes (Blakemore et al., 1999).

A propósito del aprendizaje motriz, el marco de los Modelos Directos brinda la siguiente explicación posible de como es que tiene lugar. La discrepancia entre la predicción (deseado o esperado) y lo ocasionado por le ejecución del comando motriz (resultado reales de la acción) es tomado como retroalimentación por el Modelo Directo para corregir futuras ejecuciones. Logrando así con reiteraciones constantes ejecutar comandos motrices cada vez más precisos en relación a lo predicho (deseado), consiguiendo de esta manera un aprendizaje motriz (Wolpert et al., 2001).

Por ultimo, algo importante de la propuesta de Modelos Directos es que cambia la explicación tradicional de nuestro control motriz, la cual plantea que éste depende únicamente de la información sensorial que entra por los sentidos. Por el contrario, el marco teórico de los Modelos Directos sostiene la idea que información de cambios futuros generada internamente interviene en la modulación y control de nuestras acciones (Wolpert et al., 1995). En consecuencia, permite que la ejecución de la acción no sea indispensable para planear y modificar la conducta dando la posibilidad de generar varias predicciones, resultado de simular distintos comandos motrices y así seleccionar el que más convenga para los fines deseados (Wolpert, et al., 2001).

## 2.2 Teoría de la Simulación

La simulación es la recreación interna de estados perceptuales, motrices e internos que adquirimos en nuestra experiencia con nuestro cuerpo y con el ambiente (Barsalou, 2008). Y para que podamos simular una experiencia, primero necesitamos haberla vivido, con lo cual la almacenamos y así podemos recrearla posteriormente (Barsalou, 2009).

Para Hesslow (2002) somos capaces de generar simulaciones debido a que nuestro cerebro es capaz de llevar a cabo los siguientes procesos:

**-Primero:** Podemos simular una conducta debido a que existe una fuerte y selectiva activación de zonas cerebrales relacionadas al procesamiento motriz cuando ejecutamos una conducta (conducta abierta) así como cuando la simulamos (conducta encubierta).

**-Segundo:** Somos capaces de simular la percepción de un evento a causa de que la corteza sensorial puede ser activada internamente de manera similar a cuando se activa por un estímulo externo. Lo cual produce la experiencia sensorial de un estímulo sin su presencia externa.

**-Tercero:** Tanto para las acciones abiertas como encubiertas generamos simulaciones de las consecuencias sensoriales que provoca su ejecución.

Con respecto a la simulación, investigaciones en el campo de las neurociencias sugieren que los seres humanos simulamos nuestras acciones. Ya que estudios de neuro-imagen muestran que estructuras cerebrales que han sido vinculadas a la percepción y a la iniciación de la conducta abierta, muestran una fuerte actividad en conductas encubiertas (Chong et al. 2008). Lo cual apunta a que lo que ocurre es una simulación (Hesslow, 2002).

En suma, la Teoría de la Simulación plantea que se pueden recrear experiencias previamente vividas de manera interna, las cuales están relacionadas al aprendizaje previo que se tiene de un evento. Por lo tanto, si partimos de la idea que corremos simulaciones tanto para las acciones que percibimos y que realizamos, entonces es válido suponer que dichas simulaciones van “un paso adelante” de lo percibido (Barsalou, 2009).

### **2.3 Teoría de Codificación Común**

La Teoría de la Codificación Común (Hommel et al., 2001) sostiene que existe una estrecha relación entre percepción y acción, ya que, parte que las acciones son codificadas en términos de la retroalimentación sensorial que su ejecución produce. Por lo tanto, acción y percepción comparte un código común (códigos senso-motrices) y, este código puede ser evocado por cualquiera de los dos, internamente al planear una acción o bien por estímulos externos al percibir una acción similar. En consecuencia, la percepción de una acción crea una tendencia a su ejecución, pues al tener un código común la percepción de una acción ocasiona una resonancia motriz e incita a su reproducción, ya sea como conducta abierta o encubierta (Rizzolatti et al., 1999).

Por otra parte, un problema que existe al explicar procesos como la imitación que parten de la estrecha relación entre percepción y acción, es dar cuenta de cómo la información sensorial entrante se traduce en información motriz de salida. Sin embargo, debido a que el marco conceptual de la Teoría de la Codificación Común parte que percepción y acción comparten un código común, resuelve el problema mencionado. Por lo tanto, se puede partir de la idea que la información que interviene en el control motriz se puede ver como información senso-motriz y, son las intenciones (los efectos que esperamos resulten de la conducta) lo que se comparte como código común entre acciones y percepciones. De modo que, la planificación de la conducta no se realiza en términos de patrones de movimientos sino que, sería precisamente llevada a cabo considerando los efectos sensoriales que esperamos de éstos (Wulf y Prinz, 2001). Por lo tanto, el hecho de que acción y percepción compartan un código en común interviene en la generación de predicciones a los eventos percibidos.

Por otra parte, investigaciones empíricas provenientes de las neurociencias han mostrado que una gran cantidad de las áreas cerebrales involucradas en la ejecución de la acción también lo están en la percepción y viceversa (Rizzolatti et al., 1999). De modo que tal evidencia refuerza la estrecha relación de acción y percepción que postula la Teoría de la Codificación Común.

## 2.4 Sistemas de Neuronas Espejo

Las neuronas espejo son un tipo de neuronas que presentan una actividad eléctrica cuando el individuo ejecuta una acción, así como cuando sólo observa que alguien más realiza una tarea similar (Kohler et al., 2002). Así mismo, este tipo de neuronas se han mostrado experimentalmente y descrito de manera individual en las zonas de procesamiento premotoras, de manera específica en el área F5 de monos *rhesus*. Sin embargo, se ha llegado a pensar que también están presentes en seres humanos.

Hasta el momento no se tiene evidencia directa de la presencia de neuronas espejo de forma individual en los seres humanos. Sin embargo, investigaciones de neuro-imagen realizadas en personas muestran una activación significativa en las mismas zonas cerebrales tanto en la percepción como en la ejecución de una tarea (Rizzolatti, 2005). Por ejemplo, un estudio realizado en personas por Chong y colaboradores (2008) en el cual se midió la actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional. El estudio mostró que, los participantes presentaron una fuerte y selectiva actividad en áreas particulares del cerebro cuando realizaban una acción con la mano derecha, o bien cuando únicamente observaban la misma acción pero era llevada a cabo por alguien más. Por consiguiente, y en vista de evidencia de este tipo se ha realizado la propuesta de que las personas contamos con lo que parece ser un Sistema de Neuronas Espejo (SNE), el cual esta compuesto por zonas de procesamiento tanto sensorial como motriz (Rizzolatti, 2005).

Regresando a las neuronas espejo, éstas no responden únicamente a la percepción de una acción si no que también a eventos relacionados con la misma. Ejemplo de esto lo reportan Kohler et al. (2002) en un experimento llevado a cabo con *macacos rhesus*. El cual se mostró que las neuronas espejo de estos primates presentaban actividad cuando observaron a un investigador cascar un cacahuate, así como cuando solamente escuchaban el sonido de la cascara romperse. Por lo tanto, la evidencia del experimento antes mencionado sugiere que las neuronas espejo vinculan los eventos percibidos con las acciones que las ocasionaron. Así mismo se puede pensar que, el Sistema de Neuronas Espejo es capaz de vincular los eventos con las acciones y como consecuencia al percibir así como al ejecutar una acción, se lleve a cabo la simulación de ésta (Chong, et al., 2008).

En relación con el Sistema de Neuronas Espejo, se ha propuesto que una de sus funciones tenga que ver con el reconocimiento de acciones (Rizzolatti, 2005). Ya que cuando se observa una acción se cuenta únicamente con información visual, lo cual limita a una mera descripción de la tarea. Y para tener la comprensión real de qué es realizar una acción es necesario la parte motriz. Por lo tanto, la activación del SNE brinda información al observador para comprender la conducta que observa, pues al estar compuesto por zonas de procesamiento tanto sensorial como motriz proporciona la información motora para comprender la acción percibida (Rizzolatti, 2005). En consecuencia, se refuerza la idea que se simula la ejecución de la acción y, si es así entonces se generan predicciones.

Si las neuronas espejo intervienen en la simulación entonces también lo hacen en la predicción del resultado de las acciones (Csibra, 2005), y evidencia experimental refuerza tal idea. Por ejemplo, un estudio realizado con *macacos rhesus* por Buccino y colaboradores (2004) muestra actividad en las neuronas espejo cuando estos primates veían el inicio de una acción (iniciación para tomar un objeto) pero no observaban la tarea completada (agarre del objeto). En consecuencia, tal actividad lleva a pensar que posiblemente se lleve a cabo una simulación cuando se percibe un evento. Y por lo tanto, se generan predicciones del resultado del evento a pesar de la ausencia de la retroalimentación sensorial del final del mismo. En consecuencia, y en vista que el SNE similar a las neuronas espejo individuales entonces, se puede pensar que este sistema interviene en la generación de predicciones en los humanos.

En conclusión, el SNE es un sistema compuesto por zonas cerebrales que han sido vinculadas al procesamiento perceptual y motriz, el cual muestra una fuerte actividad durante la ejecución y percepción de una acción. De modo que tal actividad lleva a pensar que una simulación tiene lugar cuando percibe de manera pasiva una acción. Y si el SNE genera simulaciones, en consecuencia genera predicciones.



### 3. Investigaciones sobre predicción

En décadas recientes en las Ciencias Cognitivas se han realizado una serie de investigaciones bajo la hipótesis de que el cerebro incorpora o genera en su procesamiento información de estados futuros del cuerpo o el ambiente, y no únicamente del pasado o del presente (Bubic et al., 2010). Sin embargo, no todas las investigaciones que abordan esta hipótesis coinciden en el tipo o nivel de los procesos cognitivos que estudian y, en consecuencia no existe un consenso en las definiciones de la terminología empleada. Por lo tanto, existe ambigüedad cuando se consulta investigación sobre esta hipótesis.

Con respecto a la literatura sobre el tema de predicción, esta hace uso de varios términos por ejemplo: *anticipación*, *expectativa*, *predicción*, *prospección*, *preparación* entre otros. Estos términos son usados para hacer referencia a un proceso o característica de la hipótesis del cerebro predictivo, pero, no todos transmiten el mismo significado o nivel de análisis. Sin embargo, como Bubic y colaboradores (2010) mencionan que, raramente se han marcado diferencias claras en su uso. Por consiguiente, a pesar de que múltiples investigaciones enfatizan la hipótesis que generamos predicciones, debido a la poca claridad conceptual que existe deriva a que marcos teóricos o perspectivas experimentales dentro del campo que son independientes, complementarias o inclusive opuestas se lean e interpreten como equivalentes (Bubic et al., 2010). En consecuencia, al abordar el estudio de alguna característica de la idea que generamos predicciones, es recomendable ser explícitos en el rumbo de la investigación y desde cuál marco explicativo se abordará.

Sólo para ejemplificar la problemática que se ha descrito. Bubic y colaboradores (2010) argumentan que el término de anticipación o preparación se ha usado para referir un proceso de alto nivel de procesamiento, en el que intervienen áreas senso-motrices que anteceden al procesamiento de un estímulo esperado. Mientras que por otro lado, el término de expectativa se ha usado para definir un componente mnémico dependiente de las características que presenta el suceso esperado. Por otra parte, Butz y colaboradores (2003) con anticipación se refieren a la influencia que tienen las predicciones sobre nuestra conducta con el fin de adaptar nuestros movimientos al entorno. Y el término expectativa lo usan para referirse a la predicción de los efectos de una acción en relación al estímulo que la ocasiona.

Como podemos leer arriba, es poco clara la diferenciación de los términos y parten de marcos teóricos distintos, además de que tampoco refieren a las mismas características ni procesos cognitivos. Por otra parte tampoco se tiene claridad sobre la magnitud del intervalo temporal futuro en el cual se realizan las predicciones.

### 3.1 ¿Qué es una predicción?

En el presente trabajo con el término de predicción nos referimos a los cambios esperados (en un intervalo de segundos o menor) en la entrada sensorial resultado de simular un comando motriz. Y tomamos como marco explicativo la hipótesis de que las personas contamos con mecanismos que funcionan como Modelos Directos en el sistema nervioso (Kawato, M., 1999), los cuales generan este tipo de predicciones.

Con respecto a las predicciones que nos referimos, estas pueden ser vistas como una “pre-percepción” de la entrada sensorial que provoca la ejecución de un comando motriz. Y son generadas automáticamente al simular una acción, cuando la realizamos o cuando la percibimos (Wilson y Knoblich, 2005).

### 3.2 Generación de predicciones

Para generar una predicción, un Modelo Directo (MD) requiere como entrada dos tipos de información: Información del comando motriz ( $M_t$ ) que se pretende ejecutar e información sensorial del agente antes de su ejecución ( $S_t$ ). Primero la información entra al MD ( $M_t$  y  $S_t$ ), después éste simula la ejecución del  $M_t$  y finalmente arroja la predicción ( $S_{t+1}$ ), que es la información de las consecuencias sensoriales esperadas de ejecutar el  $M_t$  (Blakemore et al., 1999). Sin embargo, el comando motriz puede o no ejecutarse, pero siempre que el MD simule un  $M_t$  (como conducta encubierta o abierta) se generan predicciones.

En el caso de ejecutar un comando motriz de forma paralela el MD genera la predicción de los cambios sensoriales esperados de realizarlo. Debido a que una copia del  $M_t$  que se ejecuta se envía al MD, éste simula su realización y en consecuencia genera la predicción de los cambios sensoriales esperados. A continuación la predicción ( $S_{t+1}$ ) es comparada con los resultados reales ( $S_{t+1}$ ) de la ejecución del  $M_t$  (ver Figura 2). Entonces pueden

ocurrir dos cosas: Que  $S_{t+1}$  y  $S_t$  tengan un alto grado de similitud o, de manera contraria resulte que son diferentes en gran medida. Dependiendo del caso es como el MD usa información de la comparación.

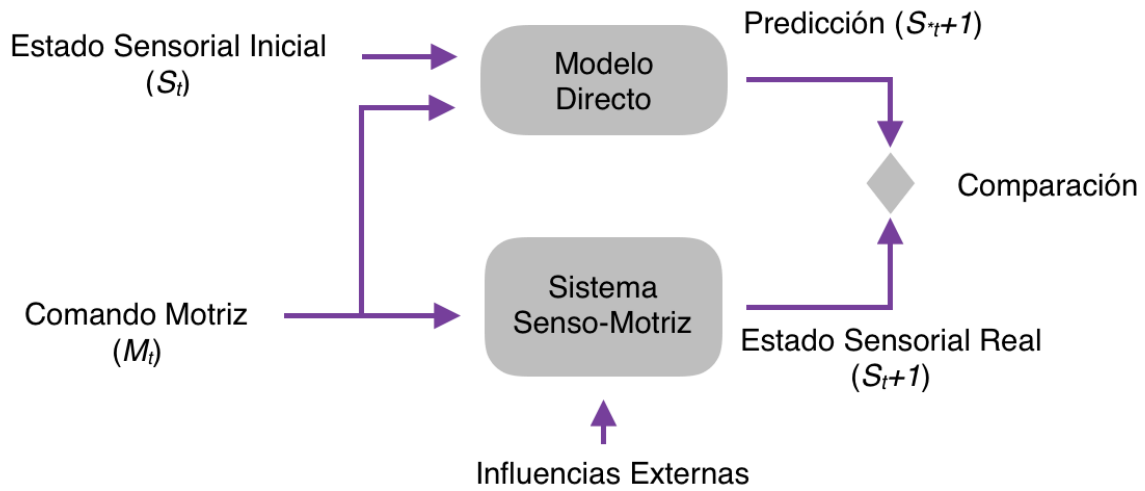


Figura 2. Diagrama de la ejecución de un comando motriz

Abajo a la izquierda información del comando motriz ( $M_t$ ). La vía de abajo ilustra como se ejecuta el  $M_t$ , mientras que paralelamente una copia del mismo se envía a un Modelo Directo (vía superior), el cual simula su realización y arroja una predicción ( $S_{t+1}$ ) de los cambios sensoriales esperados. A la derecha en el medio, se ilustra como la predicción es comparada con las consecuencias sensoriales reales ( $S_{t+1}$ ) de ejecutar  $M_t$ .

Cuando la comparación entre  $S_{t+1}$  y  $S_t$  da como resultado que son similares en alto grado entonces, se fortalece y se almacena la asociación que al tener una determinada situación sensorial inicial ( $S_t$ ) y ejecutar determinado  $M_t$ , se provocan las entradas sensoriales  $S_{t+1}$ . De manera que, tales asociaciones son usadas en posteriores situaciones en las cuales se desee provocar los eventos sensoriales  $S_{t+1}$ . Por ejemplo, al levantar una caja almacenamos la información del comandos motriz que ejecutamos y el resultado (levantar la caja). Por lo tanto, en futuras ocasiones cuando nos encontremos con un objeto con similares características a la caja y necesitemos levantarlo entonces, ejecutaremos el  $M_t$  que anteriormente dio resultado (Flanagan y Wing, 1997; Desmuger y Grafton, 2000).

En el caso contrario, cuando la comparación entre  $S_{t+1}$  y  $S_t$  da como resultado que difieren en gran medida entonces, la información resultante de la comparación es usada para actualizar el modelo y se corrijan los posteriores comandos motrices y predicciones. Por lo tanto, con reiteraciones constantes nuestros modelos generan predicciones más

precisas en relación a los comandos motrices ejecutados. De manera que, esta puede ser una explicación de cómo se da el aprendizaje motriz (Wilson y Knoblich, 2005). Por ejemplo, al aprender a bailar se predice que al ejecutar determinado  $M_t$  se estará en la posición  $S_{t+1}$ , pero si al ejecutarlo esto no ocurre. Entonces el modelo se actualiza y aprende que el  $M_t$  ejecutado no resulta en la posición  $S_{t+1}$  sino que resulta en la posición  $S_t$ . En consecuencia, si se pretende lograr el  $S_{t+1}$  entonces se tiene que ejecutar otro  $M_t$  para conseguirlo. De modo que se puede tener un ciclo reiterativo de: ejecución, comparación y corrección hasta ejecutar el  $M_t$  que provoque que  $S_{t+1}$  y  $S_t$  tengan un alto grado de similitud.

Con respecto a el proceso de generación y comparación de predicciones, lo llevamos a cabo en todo momento y sin que seamos conscientes del mismo. Y sirve por ejemplo, como filtro para diferenciar las fluctuaciones en la entrada sensorial reaférentes de las exaférentes. Un ejemplo es la experiencia fluida y constante que tenemos de la percepción visual.

En lo que respecta a nuestra percepción visual, debido a que realizamos pequeños movimientos oculares. Si procesáramos toda la información visual de la entrada sensorial que brinda el ojo, daría como resultado que nuestra experiencia visual fuera “ruidosa”. Por lo tanto, parece que algo más interviene en que tengamos una experiencia visual suave y constante. Por lo tanto, para dar explicación a nuestra experiencia visual se ha propuesto que Modelos Directos generan predicciones a partir de una copia del comando motriz que se envía a los músculos del ojo. De manera que tales predicciones se envían a zonas de procesamiento sensorial, con lo que se tiene un esperado de cómo cambiará la entrada sensorial con la ejecución del comando motriz. Por lo que al coincidir lo esperado con la entrada sensorial real, se procesa como una fluctuación sensorial ocasionada por los propios comandos motrices, y se experimenta la percepción visual de manera constante y fluida (von Holst, 1954). Por el contrario, si nos movemos el ojo con un dedo suavemente por sobre el párpado entonces tenemos una percepción visual inestable. Lo anterior se debe a que no se envía ninguna copia del comando motriz de los músculos oculares y, por lo tanto no se genera una predicción de cambios en la entrada sensorial visual.

### **3.3 Investigación sobre predicción**

Bajo la idea de que contamos con Modelos Directos que generan predicciones de nuestras acciones, se han realizado varios experimentos para ahondar más en las características que implica tal proceso. Pero no todos estos experimentos abordan el mismo nivel de complejidad de los esquemas senso-motrices ni de las predicciones que se generan. En consecuencia, en la literatura encontramos investigaciones de predicciones de estímulos auto-generados (Blakemore et al., 1999), hasta propuestas teóricas que sugieren que con nuestro sistema senso-motriz generamos predicciones de eventos externos y ajenos a la propia acción (Schubotz, 2007). Por lo tanto, una revisión de las características de las predicciones que generan nuestros Modelos Directos y el cómo las generan es de importancia, con el fin de encontrar un área en la cual se pueda contribuir en el estudio de este tema.

#### **3.3.1 Predicción de acciones**

Nuestro Modelos Directos generan predicciones de todos los movimientos que hacemos, las cuales intervienen en la atenuación, eliminación o compensación de los estímulos sensoriales reafereente (Crapse y Sommer, 2008). En consecuencia podemos procesar la información exaferente más eficientemente. Por ejemplo, cuando caminamos por una zona arbolada a causa de nuestro desplazamiento se percibe un cambio en el patrón de luz y sombra de la entrada visual. Así mismo, nuestros Modelos Directos generan predicciones de los cambios en la información visual a la que estaremos expuestos a causa de nuestro desplazamiento. Es así que interpretamos el cambio en el patrón de luz y sombras que observamos al caminar, como provocado por nuestro desplazamiento. Pero si el cambio en el patrón fuera provocado por el vuelo de un ave o algún otro objeto que proyectará su sombra, lo interpretaríamos como un cambio en el medio ajeno a nuestra acción. De modo que nuestras predicciones intervienen en reconocer y procesar de diferente manera estímulos exaferentes de reafereentes.

Un área de estudio en predicción es la investigación estímulos autogenerados. Experimentos en esta área sugieren que sentimos de manera menos intensa estímulos autogenerados en comparación de los mismos estímulos pero provocados por causas externas (Blakemore et al., 2000). Esto posiblemente debido generamos predicciones de lo que sentiremos al realizar una acción, gracias a que contamos con los esquemas

senso-motrices de la acción. Por ejemplo, Blakemore y colaboradores (1999) realizaron un experimento para medir la cantidad de cosquillas que reportaban sujetos en 3 condiciones experimentales. Una condición en la cual los participantes manipularon un objeto con una mano y lo frotaban en la palma de la mano contraria; otra condición en la cual un brazo robótico tenía el objeto y lo frotaba contra la palma de su mano sin necesidad de su movimiento; y otra condición casi idéntica a la anterior pero en la cual el brazo robótico era manipulado por los participantes. En esta última condición había un desfase temporal variable entre la manipulación del brazo robótico y el que éste se moviera. Los resultados del experimento fueron que cuando los participantes se estimularon sintieron pocas cosquillas, muchas cuando la estimulación la realizó el brazo robótico. Y en la condición de desfase temporal se incrementa la sensación de cosquillas al incrementarse el desfase. Estos resultados posiblemente se deben a que de los estímulos provocados por nuestras acciones tenemos una predicción de lo que sentiremos, lo cual ocasiona que atenuemos su percepción. Esta atenuación se debe a que nuestras predicciones son congruentes con lo percibido. Pero dejamos de atenuar un estímulo en la medida en que nuestras predicciones son erróneas con respecto a lo percibido. En conclusión nuestros Modelos Directos generan predicciones de lo que sentiremos cuando ejecutamos una acción.

Otra línea de investigación en predicción es el agarre y levantamiento de objetos. La cual sugiere que además de que generamos predicciones de los comandos motrices que ejecutamos, también las generamos de las características de objetos (Johansson y Edin, 1993; Flanagan y Wing, 1997). Cuando por ejemplo levantamos un objeto generamos predicciones de los cambios en nuestra postura, de lo que sentiremos al tocarlo y de su peso con base a experiencias previas y a las características que percibimos de éste. Y con base a estas predicciones planeamos los movimientos y modulamos la fuerza necesaria para levantar objetos. En consecuencia, al levantar un objeto generamos predicciones de los comandos motrices necesario para su agarre así como de su textura y peso. Después al tomar el objeto comparamos la predicción con la información sensorial real y el modelo se actualiza. Si la predicción tiene un alto grado de precisión entonces, se desarrolla la acción como se había planeado. En el caso contrario, si la predicción tiene un alto grado de error entonces, se modifican los futuros comandos motrices para lograr levantar el objeto. En resumen, el agarre de objetos es una tarea en la cual predecimos nuestras acciones así como algunas características de los objetos con los que interactuamos.

Hasta el momento hemos abordado el tipo de predicciones que intervienen en el agarre de objetos y al atenuar estímulos auto-producidos. Sin embargo, en ambas tareas las predicciones intervienen al momento de realizarlas. Pero también se ha propuesto que cuando únicamente percibimos acciones, simulamos su ejecución y, por lo tanto generamos predicciones (Keller et al., 2007). Estas predicciones intervienen en que seamos capaces de reconocer las propias acciones (autoría) (Flach et al., 2003). Un ejemplo de esto es cuando acciones son grabadas y posteriormente mostradas con el fin de que se reconozca la autoría sin ejecutar la conducta en ese momento (Flach et al., 2003).

En nuestra experiencia diaria convivimos con otras personas y las vemos realizar tareas, y en ocasiones somos capaces de identificar la manera particular de cómo algunas personas las realizan. Por lo que, se puede pensar que somos particularmente sensibles a la percepción y reconocimiento de acciones. Posiblemente debido a que el reconocimiento de acciones es de suma importancia en nuestra vida social (Wilson y Knoblich, 2005). Además, tal sensibilidad es tan eficiente que si observamos únicamente puntos que señalicen las posiciones de las principales articulaciones de un cuerpo en movimiento sobre un fondo de color, somos capaces de reconocer el movimiento de una persona aunque el estímulo en si es sólo un conjunto de puntos que se mueven en el espacio. (Jokisch, et al., 2006; Loula, et al., 2005; Casile y Giese, 2006). A tal técnica de grabación se le conoce como "Point-Light Display" (PLD) y, es usada en la investigación sobre reconocimiento de la autoría. Como en el experimento realizado por Jokisch y colaboradores (2006), en el cual mediante la técnica de PLD grabaron a sujetos caminar. Después les mostraron grabaciones tanto suyas como de colegas y tenían que reconocer las autorías de éstas. Los resultados fueron que los participantes presentaron un mejor desempeño en reconocer la autoría de sus propias grabaciones.

Por otra parte, cuando percibimos una acción automáticamente se activan nuestros esquemas senso-motrices que en el pasado generaron una retroalimentación sensorial similar a la percibida (Brass et al., 1999). Por lo tanto, al percibir una acción simulamos su ejecución y en consecuencia, generamos predicciones del resultado de la misma (Rizzolatti et al., 1999). A continuación comparamos los resultados de la acción que percibimos con la predicción que generaron nuestros Modelos Directos y, pueden ocurrir dos cosas: Que la predicción tenga un alto grado de similitud con lo percibido o, al contrario que difieran en gran medida.

Cuando el grado de similitud al comparar la predicción que generaron nuestros Modelos Directos al percibir la ejecución de una acción con los resultados reales de su realización es alto, entonces asumimos lo percibido como una acción generada por nosotros. Esto es, nos reconocemos como los autores de la acción. Como lo muestra un experimento realizado por Knoblich y Prinz (2001), en el cual en una primera sesión se grabó la ejecución de una serie de trazos de cada participante. Posteriormente en una segunda sesión se les mostraron grabaciones propias y de otros participantes mezcladas, sin que conocieran las autorías de éstas. Los participantes en esta segunda sesión debían juzgar cada grabación si era propia o de alguien más. Los resultados muestran que se tiene un mejor desempeño al identificar las propias grabaciones. Por lo tanto, los investigadores concluyen que cuando se nos presenta la imagen de un trazo simulamos la propia ejecución. Y si nuestra predicción y lo percibido concuerdan, entonces asumimos que fuimos los causantes del trazo en cuestión.

En el caso contrario, cuando la comparación entre la predicción que generaron nuestros Modelos Directos al percibir la ejecución de una acción y los resultados reales de su ejecución difieren en gran medida. Entonces interpretamos los eventos percibidos como ocasionados por alguien más. Como lo demuestra un experimento llevado a cabo por Repp (1987), en el cual se grabó el sonido que producían los participantes al aplaudir. Y posteriormente se les presentaron las grabaciones tanto suyas como de otros participantes, y tenían que reconocer las propias. Los resultados muestran que los participantes presentaron un mejor rendimiento al identificar sus propias ejecuciones. El autor concluye que, cuando escuchamos sonidos de aplausos automáticamente simulamos nuestra propia ejecución de aplaudir. Y comparamos lo que escuchamos con nuestra predicción, si difirieren en gran medida entonces, interpretamos los aplausos como generados por alguien más.

En relación a las simulaciones que llevamos a cabo cuando percibimos la realización de una acción, éstas las generan nuestros Modelos Directos a partir de los propios esquemas senso-motrices de experiencias pasadas (Knoblich et al., 2002). Por lo tanto, dichos esquemas son únicos de cada persona dadas las características morfo-anatómicas e historias de aprendizaje particulares de cada quien, aunque guardan semejanzas por la tarea realizada (Keller et al., 2007). Por ende tenemos un mejor desempeño al reconocer eventos sensoriales que nosotros mismos provocamos, pues nuestras predicciones tienen un alto grado de similitud con lo percibido. Debido a que, los mismos esquemas senso-motrices que activamos en la planeación y ejecución de la tarea son los mismos que se



activan al percibir la acción (Hommel et al., 2001). Como lo muestra un experimento que realizaron Keller y colaboradores (2007), en el cual en una primera sesión se grabó la ejecución de piano de cada participante de varias piezas musicales de duetos de pianos (únicamente la partitura correspondiente a un piano). Posteriormente en una segunda sesión los participantes tenían que tocar a dueto con las grabaciones de la primera sesión, tanto propias como de otros participantes y desconocían las autorías. Los resultados muestran que los participantes tienen una ejecución más sincronizadas con las propias grabaciones que con las de otros. Los autores concluyen que al tocar en conjunto internamente simulamos la ejecución de los otros ejecutantes, y tratamos de sincronizamos con base a éstas simulaciones. Por lo tanto, cuando nos sincronizamos con las grabaciones alguien más somos menos precisos que cuando nos sincronizamos con nuestras propias grabaciones. Ya que, nuestras simulaciones son mas certeras de nuestra propia ejecución debido a que éstas se generan con base a nuestros propios esquemas senso-motrices.

Con respecto a la experiencia motriz, ésta interviene en nuestra capacidad de reconocer una acción. Ya que si no contamos con el repertorio motriz de las acciones que percibimos entonces, presentamos un menor desempeño en el reconocimiento de acciones en comparación con aquellas de las cuales si contamos con un aprendizaje previo. Lo anterior ha sido mostrado de forma experimental en un estudio de Casille y Giese (2006), en el cual los participantes en un primera etapa tenían la tarea de reconocer la acción que observaban al mirar grabaciones de patrones marcha no convencionales con la técnica de PLD. Los resultados de esta primera etapa muestran un bajo desempeño en la tarea por parte de los participantes. Después a los participantes se les dio un entrenamiento con los ojos vendados, en el cual se les enseñó los patrones de marcha que previamente habían observado. Finalmente en otra sesión se les volvió a presentar las grabaciones de la primera sesión y debían realizar la misma tarea de reconocimiento de marchas, pero en esta ocasión presentaron un mejor desempeño en el reconocimiento. En consecuencia, los autores sugieren que la experiencia motriz es un factor de importancia para el desempeño en el reconocimiento de acciones.

En relación a las investigaciones sobre el reconocimiento de la autoría de acciones, Loula y colaboradores (2005) realizaron un experimento en el cual se grabó a participantes realizar una serie de acciones con la técnica de PLD. Posteriormente se les presentaron grabaciones de ellos mismos, de desconocidos y de amigos, y tenían que reconocer las autorías de éstas (desconocían las autorías de las grabaciones). Los resultados muestran

que los participantes presentan un mejor desempeño en reconocer la autoría de sus propias grabaciones. En otra etapa del experimento se les presentó a los participantes imágenes estáticas de las grabaciones (propias y de desconocidos) y tenían que reconocer la autoría de éstas. Los resultados muestran que los participantes no presentan un mejor rendimiento en reconocer las propias. A esto los autores concluyen que parece que la percepción no es lo único que interviene en el reconocimiento de acciones, sino que la motricidad está relacionada de alguna manera, ya que es necesario el percibir una acción que se desarrolla. En otra fase del experimento se les mostraron a los participantes grabaciones de ellos y de desconocidos, pero se mostraron invertidas (como vistas en un espejo). Y los participantes debían reconocer las autorías. Los resultados de esta fase muestran que los participantes no presentaron diferencias significativas en el desempeño de reconocer las propias grabaciones. Este resultado argumentan los autores es debido a que al percibir una perspectiva del movimiento “no cotidiana”, esta no es fácilmente imitable y por lo tanto tampoco lo es de simular. En consecuencia no se tiene un mejor desempeño al reconocer las propias grabaciones.

Por otra parte, no sólo en tareas de reconocimiento de la autoría con estímulos visuales tenemos un mejor desempeño en reconocer acciones propias sino que, también lo tenemos al reconocer estímulos auditivos ocasionados por éstas. Esto quedó evidenciado en un experimento llevado a cabo por Repp y Knoblich (2004), en el cual en una primera sesión se grabaron pistas de audio de pianistas interpretando un repertorio de piezas musicales. Posteriormente en una segunda sesión se les presentaron las pistas de audio tanto de ellos como de otros participantes. En esta segunda sesión lo que debían hacer era escuchar las pistas e identificar las propias. Los resultados fueron que los participantes identificaron con mayor precisión las grabaciones de sus propias ejecuciones en comparación con las de otros participantes.

En conclusión, la percepción de una acción activa los mismos códigos senso-motrices que se emplearon en la planeación y ejecución de la tarea percibida (Wilson y Knoblich, 2005). Por lo tanto simulaciones son generadas cuando ejecutamos o percibimos acciones y, generamos predicciones en ambos casos (Keller et al., 2007). De modo que, cuando nos reconocemos como autores de alguna acción posiblemente sea debido a que, las predicciones que generamos al simular la conducta tienen un alto grado de similitud con lo que se percibe (Repp y Knoblich, 2004). Por otra parte, el contar con un repertorio motriz de la acción que se tiene que reconocer es de suma importancia para que nuestros Modelos Directos generen predicciones certeras (Loula et al., 2005). En consecuencia las

metodologías empleadas hasta el momento para el estudio del reconocimiento de la autoría, cuentan con una primera sesión donde los participantes ejecutan la tarea. Y posteriormente en otra sesión tienen que reconocer las propias ejecuciones. Pero los participantes cuentan con la experiencia de haber realizado la tarea de la cual deben reconocer la autoría.

### **3.3.2 Predicción de eventos externos**

Diariamente realizamos tareas con el fin de ocasionar cambios en nuestro entorno, ya sea con nuestro cuerpo o mediante la manipulación de algún objeto. Por lo tanto la ejecución de los comandos motrices necesarios para realizarlas no es azaroso. Ya que ejecutamos los comandos motrices con base a las predicciones de los resultados sensoriales que esperamos provocar con su realización (Knoblich, et al. 2002). Asimismo evaluamos el desempeño de nuestras acciones con base a los cambios que ocasionaron en el ambiente. Por medio de la comparación de los eventos sensoriales reales que la ejecución de nuestros comandos motrices provocaron y las predicciones de los eventos sensoriales que esperamos ocasionarán. Por ejemplo cuando escribimos, si queremos trazar una letra “O” entonces, ejecutamos los comandos motrices de los cuales tenemos la predicción que resultara un círculo. Luego comparamos el trazo resultante con nuestra predicción y puede ocurrir que, en efecto ejecutamos los comandos motrices adecuados y realizamos una “O”. O bien, que los comandos motrices fueron equivocados y quedo una figura de forma distinta a un círculo. Sin embargo, en cualquiera de los dos casos se generaron predicciones de un evento externo ocasionado por nosotros (el trazo de la letra “O”).

Por otra parte, una característica de suma importancia de los Modelos Directos es su capacidad para simular el flujo causal de los eventos (Frith y Wolpert, 2000). Por lo tanto, se puede llegar a pensar que los Modelos Directos intervienen en la predicción de los eventos sensoriales externos que ocasionamos en el mundo y, evidencia experimental respalda tal idea (Knoblich y Flach, 2001; Knoblich et al., 2002). Por ejemplo un estudio que realizaron Knoblich y Flach (2001) exploró si el ser autores interviene en nuestro desempeño para predecir eventos externos. El experimento que realizaron los autores mencionados consistió en una primera sesión en la cual los participantes eran grabados mientras realizaban una serie de lanzamientos de dardos. Después en una segunda

sesión se les mostraron las grabaciones de lanzamientos de otros participantes así como los suyos propios. La tarea de los participantes consistió en predecir la zona del tablero en la cual haría impacto el dardo. Sin embargo, las grabaciones fueron pausadas cuando soltaban el dardo. Los resultados muestran que los participantes tuvieron un mejor desempeño al predecir la zona de impacto de sus propios lanzamientos en comparación con las predicciones hechas de los lanzamientos de alguien más. Los autores argumentan que los esquemas senso-motrices que se generan al realizar una tarea intervienen en nuestro desempeño para predecir los resultados de la misma. Por lo tanto, somos más certeros a predecir el resultado al ver nuestras que acciones que cuando observamos las de alguien más.

Por otra parte, Knoblich y colaboradores (2002) realizaron un experimento con el fin de estudiar si los participantes respondían más asertivamente al predecir los resultados de eventos externos de los que eran autores. El experimento consistió en dos sesiones. En la primera sesión se grabaron de cada participante una serie de trazos del número "2" y otra serie de líneas horizontales y la curva superior del número "2" hechas por separado. En una segunda sesión los participantes observaron fragmentos de videos de sus propios trazos y de otros participantes. Los videos eran fragmentos de la serie los trazos del número "2" (trazo de las líneas curvas u horizontales que lo conforman), así como de la serie de líneas horizontales y curvas. Lo que tenían que hacer los participantes era responder si los videos correspondían a la serie de trazo aislado (serie de línea horizontal o curva) o la serie del trazo del número "2". Los resultados muestran que los participantes tuvieron un mejor desempeño al identificar si los trazos eran parte del dígito "2" o trazos aislados cuando observaron sus propios videos que cuando observaron los de alguien más. Por lo tanto, los resultados apuntan a que la autoría de un evento influye en nuestra capacidad para predecirlo. Los investigadores sugieren que al observar parte de los trazos de la serie del "2", así como de líneas curvas y rectas se simula la ejecución del trazo. Por tanto, se predice el trazo para reconocer a cual de las dos categorías pertenecía. En consecuencia, se es más certero en reconocer los propios trazos, pues las simulaciones tienen un mayor grado de similitud con lo percibido.

Los experimentos descritos en este capítulo, apuntan a que cuando percibimos a una persona realizar una acción o bien percibimos los eventos que una acción provoca, automáticamente simulamos su ejecución y generamos predicciones de los resultados de la misma. Por lo que somos más certeros en predecir el resultado de la acción cuando observamos videos de nosotros que cuando vemos los de alguien más. Ya que al

observar nuestras propias acciones o los eventos que éstas causaron, se activan los mismo esquemas senso-motrices que cuando ejecutamos la tarea. Por lo tanto, nuestros Modelos Directos generan predicciones más precisas de los resultados de las acciones percibidas (Knoblich y Flach, 2001). Por otra parte, cuando percibimos eventos sensoriales similares a los que nuestras acciones han provocado en el pasado pero generados por alguien más, de forma automática nuestros Modelos Directos simulan el comando motriz que ocasionó similares eventos sensoriales. Por lo tanto, se generan predicciones pero no son tan precisas como cuando percibimos los eventos sensoriales de los que somos autores. Por otra parte, las metodologías empleadas para el estudio experimental en el desempeño en la predicción de eventos externos que tenemos las personas, son similares a las usadas en el reconocimiento de la autoría. Están compuestas por una fase en la cual los participantes realizan una tarea, y posteriormente otra en la cual tienen que predecir el resultado de las acciones ejecutadas en la fase anterior.

A propósito del estudio en predicción de eventos externos, en el campo de las neurociencias, investigaciones reportan que los mismos patrones en la actividad cerebral que tienen lugar cuando percibimos una secuencia completa de estímulos visuales o auditivos, también están presentes cuando percibimos las secuencias pero de forma incompleta (Schubotz y von Cramon, 2002). Por lo tanto, parece que nuestro cerebro genera predicciones de eventos externos y ajenos a nuestra acción. Y las zonas en las cuales se ha reportado dicha actividad es en las zonas de procesamiento pre-motriz (Schubotz y von Cramon, 2001).

Por otra lado, Schubotz (2007) partiendo de la misma línea de pensamiento que el presente trabajo y fundamentada en literatura experimental, ha hecho la propuesta teórica de que predecimos eventos externos y ajenos a nuestra acción. Tal propuesta parte que el sistema senso-motriz bien podría llamársele “sistema predictor”, pues parece ser el responsable de que podamos generar predicciones de los eventos a los que estamos expuestos. Ya que, no solo generamos predicciones del resultado de conductas sino que también de eventos externos e imposibles de imitar. Como del movimiento de no humanos y de cambios futuros en el medio. Y es posible que estas predicciones sean generadas por nuestros Modelos Directos, debido a su característica para simular el flujo causal de los eventos. Puesto a que la gran mayoría de los eventos a los cuales estamos expuestos son regulares, y a que los Modelos Directos generan predicciones de los mismos, las cuales se vuelven más precisas con las reiteraciones es que podemos

predecir eventos externos. Además también es posible que se puedan generar predicciones de eventos externos a base de extrapolar características particulares que comparten nuestros esquemas senso-motrices del propio cuerpo y tales eventos (Schubotz, 2007). Cuando por ejemplo se generan predicciones del desplazamiento de objetos, posiblemente se gracias a que tenemos esquemas y experiencia del movimiento y desplazamiento propio. Por lo tanto, esta característica se extrapola y se usa para generar predicciones del desplazamiento de objetos y otros agentes. Otro ejemplo es la deformación de las cosas como una hoja de papel. Podemos predecir cómo se vera al hacer un doblés ya que, tenemos esquemas senso-motrices del movimiento de abrir y cerrar los dedos de las manos y, en consecuencia la experiencia de percibir como cambia la mano de forma con tales movimientos. Esta característica la extrapolamos a la hoja de papel, con lo cual somos capaces de predecir como se verá.

En relación a el estudio sobre predicción, queda por explorar experimentalmente en si el desempeño al predecir eventos externos esta relacionado con la cantidad de información que se dispone al codificar los esquemas de tales eventos. Ya que, si partimos que las predicciones son generadas por Modelos Directos entonces, el factor motriz es clave en tales procesos. Más sin embargo, como se menciona en las investigaciones conductuales que hasta la fecha existen (Knoblich y Flach, 2001; Knoblich et al., 2002), se graba una acción y después se muestra en combinación con ejecuciones de otras personas para estudiar la certeza en la predicción. No obstante, en este tipo de diseño experimental se tiene la experiencia de ejecutar la acción. Por lo que un diseño experimental que compare condiciones en las cuales se cuente con los esquemas senso-motrices producto de provocar un evento externo al realizar una acción. Y otras condiciones en la que únicamente se cuente con esquemas sensoriales producto de haber tenido la experiencia de un evento externo, pero sin provocarlo con la acción es necesario. Ya que así se podrá estudiar si generamos predicciones de eventos externos más certeras por que contamos con los esquemas senso-motrices producto de haberlos provocado con nuestra acción. Y no únicamente porque contamos con la experiencia sensorial de haber tenido experiencia del evento. Pregunta que con las metodologías actuales no puede ser respondida.

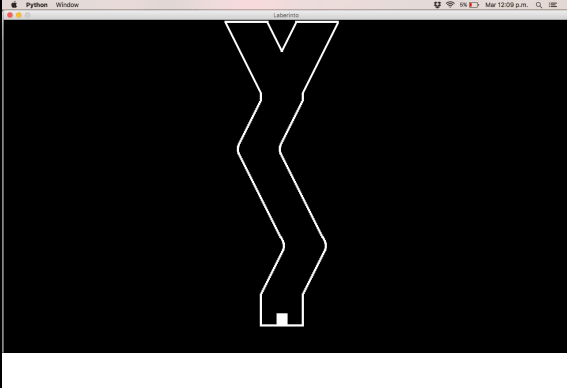
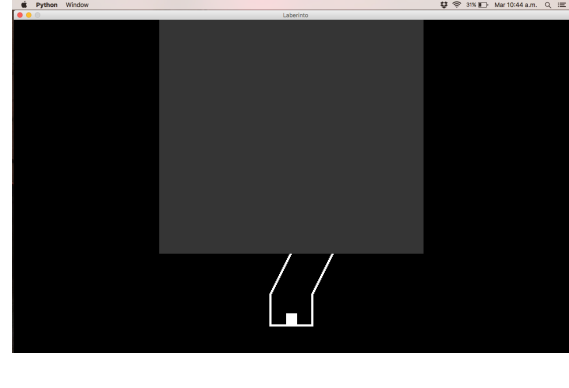
#### 4. Experimento

El siguiente experimento se diseñó con el objetivo de explorar si el desempeño en predecir eventos externos está relacionado con la cantidad de información que se dispone al codificar los esquemas senso-motrices de los mismos. Este, contó con 3 condiciones, en las que se variaba la cantidad de información sensorial y motriz que se disponía al codificar eventos externos. Dependiendo de la condición los eventos externos fueron provocados por las propias acciones o ajenos a las mismas. Así mismo cada condición estuvo dividida en 2 fases, basadas en las metodologías usadas en el estudio de reconocimiento de la autoría.

Fase 1: Los participantes realizaban una serie de recorridos de laberinto o bien únicamente observaban videos de los mismos (Dependiendo de la condición). El laberinto era recorrido de abajo hacia arriba. Para concluir cada recorrido se tenía que tomar una decisión al final de éste (ver Tabla 1). Así mismo, el laberinto, al inicio de cada prueba se mostraba ocluido por una pantalla gris, la cual iba subiendo conforme se avanzaba en el recorrido.

Fase 2: En esta fase los participantes veían videos de recorridos de laberinto y realizaban predicciones del camino que creían se tomaría en la parte final superior.

En este diseño experimental se buscó comparar el desempeño (medido con el número de respuestas correctas así como en el tiempo de reacción de las mismas) de los participantes al predecir eventos externos. Entre una condición en la cual se contaba con esquemas senso-motrices de haber provocado con acciones eventos externos. Y dos condiciones en las cuales se contaba con esquemas sensoriales de únicamente haber percibido eventos externos, pero ajenos a la acción. Además entre estas dos condiciones, se varió la cantidad de información sensorial que se proporcionó en la codificación de eventos externos e independientes a la acción. Debido a que se buscó estudiar si nuestras predicciones de eventos externos son más precisas debido a que contamos con esquemas senso-motrices de éstos. O bien la precisión de nuestras predicciones de eventos externos dependen de la cantidad de información sensorial que se dispone al codificar éstos.

Laberinto completo	Laberinto como se ve al inicio de alguna prueba
	
<p>Tabla 1. Visualización del laberinto. A la izquierda se muestra como se ve el laberinto completo. A la derecha se muestra como se veía el laberinto la inicio de alguna prueba, cubierto por una pantalla gris.</p>	

## 4.1 Método

Participantes: 45 estudiantes (10 hombres) de la UAEMor de licenciatura o posgrado con un rango de edad de 18-27 años diestros con visión normal o corregida.

### 4.1.1 Material

- \*Computadora MacBook Pro  
(con OS X v. 10.11.5)
  - \*Pygames v. 1.9.1
  - \*Python v. 2.7.11
  - \*Placa de Arduino Uno
  - \*Placa de circuitos y circuitos
  - \*Bocinas
- (Figura 3)



Figura 3. Material  
Foto del material que se uso para el experimento.

### 4.1.2 Escenario experimental

Un cuarto con mobiliario de oficina que no presentaba distracciones.



### 4.1.3 Procedimiento

Cada condición contó con el mismo número de participantes, y todo el experimento se realizó de manera individual. (Las condiciones se encuentran resumidas en la Tabla 2).

Procedimiento para la **Condición 1**. (15 participantes, 3 hombres):

#### *Fase de Grabación:*

Las instrucciones (ver Anexo 1) se mostraron en la computadora. Una vez leídas y si el participante no tenía preguntas comenzaba con la tarea de recorrer en varias ocasiones el laberinto. El participante recorría el laberinto mediante la manipulación libre de un cuadro blanco (protagonista) con las teclas de flechas del teclado. Cada recorrido comenzaba con el protagonista en la parte inferior de la pantalla. Al avanzar en el recorrido se llegaba a una bifurcación en la cual se tenía que seleccionar un camino (derecho o izquierdo) para finalizarlo. Asimismo, al inicio de cada recorrido una pantalla gris cubría el laberinto dejando visible únicamente la parte inferior. Conforme el protagonista avanzaba en el recorrido se revelaba el camino, ya que la pantalla gris estaba a una distancia de 35 píxeles sobre él en todo momento.

El laberinto se recorrió 17 veces, más una serie de 2 recorridos de práctica al comienzo para aprender la tarea. Entre cada recorrido se presentaba un pantalla negra por 3 segundos y automáticamente comenzaba uno nuevo. Al finalizar todos los recorridos se reportaba verbalmente el número de veces que seleccionó cada final de ruta. La tarea era realizada con la mano derecha.

Se esperaba que al recorrer el laberinto y por recibir retroalimentación visual de la forma en la que se movía el protagonista dependido de la tecla que se presionará, se formarán esquemas senso-motrices (motrices y visuales) de recorridos del laberinto.

#### *Fase de Predicción:*

Se aplicó en dos ocasiones, una de 30-60 minutos posterior a la *Fase de Grabación* y otra con una separación 7-21 días de ésta.

Las instrucciones (ver Anexo 2) se mostraron en la computadora. Una vez leídas y si el participante no tenía preguntas comenzaba con la tarea de observar atentamente videos de recorridos de laberinto. Cuando la pantalla gris que iba descubriendo el laberinto

cambiaba de color (a la altura de la bifurcación), el participante presionaba lo más rápido que pudiera la tecla de flecha izquierda o derecha que correspondía al lado que predecía tomaría el protagonista. Después de dar la respuesta se veía una pantalla negra por 3 segundos y comenzaba un nuevo video. Sin embargo, el video de recorrido no se mostraba completo, de modo que no se tenía retroalimentación acerca de si la predicción era acertada o no.

Se realizó la tarea de predecir 34 videos de recorridos de laberinto, más 2 videos al comienzo que servían de práctica para aprender la tarea. La mitad de los 34 videos eran los mismos que habían realizado en la *Fase de Grabación*, pero los participantes no lo sabían. Además de que los videos se presentaban en un orden aleatorio entre propios y ajenos sin repetirse.

Se esperaba que los participantes al observar los videos de recorridos que eran propios se activaran sus esquemas senso-motrices de recorridos de laberinto y, por lo tanto, tuvieran un mejor desempeño al predecir sus propios recorridos.

Procedimiento para la **Condición 2**. (15 participantes, 1 hombre):

*Fase de Aprendizaje:*

Cada participante de la Condición 2 fue emparejado con un participante de la Condición 1. De modo que el participante 1 de la Condición 2 observó los 17 videos de recorridos del laberinto realizados por el participante 1 en la *Fase de Grabación* de la Condición 1. Así sucesivamente hasta emparejar los 15 participantes de la Condición 2 con los 15 participantes de la Condición 1.

Cada participante de la Condición 2 observó en la computadora los 17 videos de recorridos de laberinto de su pareja de la Condición 1. Al finalizar de ver los videos reportó verbalmente el número de veces que observó se siguió cada lado de la bifurcación del camino.

Se esperó que los participantes al observar videos de recorridos de laberinto formaran esquemas sensoriales (visuales) de tales recorridos.

### *Fase de Predicción:*

La tarea que se realizó fue idéntica y tenía las mismas características que la de la *Fase de Predicción* de la Condición 1. Con la diferencia que de los 34 videos de recorridos de laberinto presentados, la mitad eran los mismos que observaron en la *Etapa de Aprendizaje*, la otra mitad no habían sido vistos. La presentación fue aleatoria.

Se esperaba que los participantes al observar los recorridos de laberinto que previamente habían visto, activaran sus esquemas sensoriales de dichos recorridos. Y por lo tanto tuvieran un mejor desempeño al predecir los recorridos ya vistos.

Procedimiento para la **Condición 3**. (15 participantes, 6 hombres):

### *Fase de Aprendizaje:*

Tuvo las mismas características que la *Fase de Aprendizaje* de la Condición 2, con la diferencia que los videos de recorridos de laberinto mostrados tenían sonido. Así mismo el sonido cambiaba dependiendo de los movimientos del protagonista. Cada dirección (derecha, izquierda, arriba, abajo y las diagonales) tenía un sonido diferente, y si el protagonista no se movía no había sonido.

Se esperaba que los participantes al haber visto y escuchado videos de recorridos de laberinto en los cuales el sonido estaba relacionado al movimiento del protagonista, formaran esquemas sensoriales (visuales y auditivos) de los recorridos.

### *Fase de Predicción:*

La tarea fue la misma que en la *Fase de Predicción* de las otras condiciones. La mitad de los 34 videos de recorridos de laberinto en los que realizaron la tarea de predicción, eran los mismos que observaron en la *Etapa de Aprendizaje*. La otra mitad fueron recorridos desconocidos. Los recorridos se presentaron de manera aleatoria y en ninguno se presentaba el sonido asociado al recorrido.

Se esperaba que los participantes al observar los recorridos de laberinto que previamente habían visto, se activaran sus esquemas sensoriales de cuando vieron y escucharon tales recorridos. Y por lo tanto, tuvieran un mejor desempeño al predecir los videos de los que tenían esquemas sensoriales.

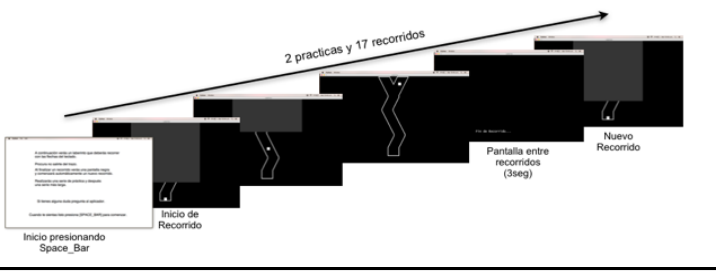
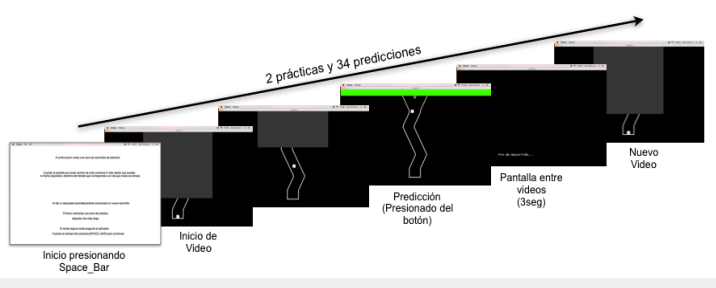
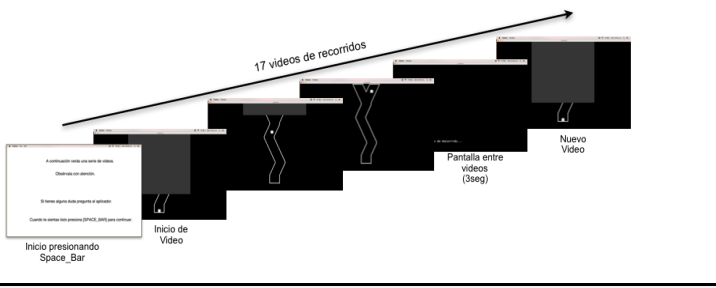
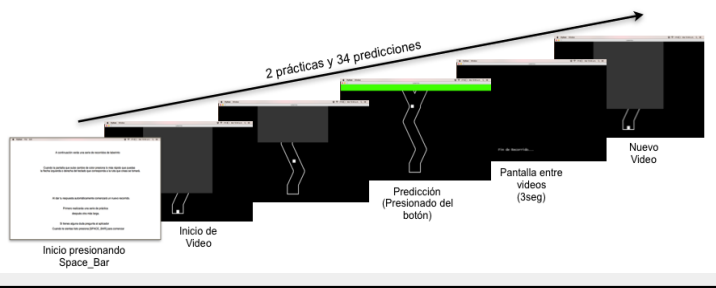
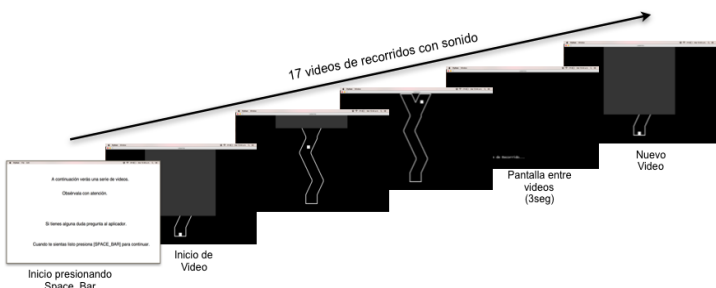
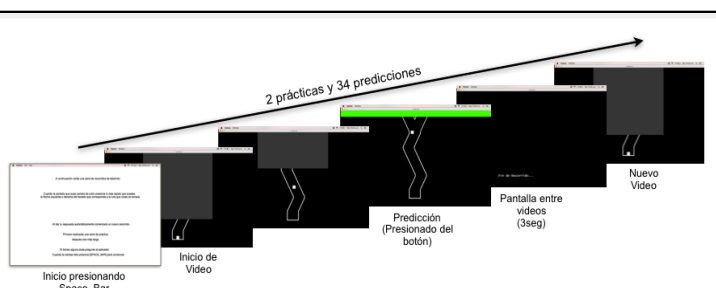
Condición	Fase	Esperado
Condición 1	Fase de Grabación	Se esperó que se formaran esquemas senso-motrices, mediante la ejecución de varios recorridos de laberinto. Eventos externos de los cuales fueron los autores. 
	Fase de Predicción	Se esperó que al predecir los recorridos que habían realizado se activaran sus esquemas senso-motrices y tuvieran un mejor desempeño en la predicción de dichos videos. 
Condición 2	Fase de Aprendizaje	Se esperó que formaran esquemas sensoriales (Visuales) debido a la observación de recorridos de laberinto, eventos externos independiente de su acción. 
	Fase de Predicción	Se esperó que al predecir los recorridos que habían visto se activaran sus esquemas sensoriales y tuvieran un mejor desempeño en la predicción de dichos videos. 
Condición 3	Fase de Aprendizaje	Se esperó que formaran esquemas multi-sensoriales (Visuales-Auditivos) debido a la observación y escucha de videos de recorridos de laberinto, eventos externos e independientes de su acción. 
	Fase de Predicción	Se esperó que al predecir los recorridos que habían visto se activaran sus esquemas sensoriales y tuvieran un mejor desempeño en la predicción dichos videos. 

Tabla 2. Condiciones y Fases del experimento  
 Tabla que muestra las Condiciones con sus respectivas Fases, además de explicar que se esperó en cada una de éstas.

## 5. Análisis de resultados

Para el tratamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS Versión 22 para Mac. Y las medidas a las cuales se les aplicó un tratamiento estadístico fueron: el Número de Aciertos (NA) (Ver Tabla 3) de cada participante en las respuestas de la dirección que tomaría el protagonista en la *Fase de Predicción*. Y las medianas en los Tiempos de Reacción (TR) (Ver Tabla 4) que transcurría entre el cambio de color de la pantalla que iba descubriendo el laberinto y el que presionaran la tecla de flecha correspondiente al lado que predecían tomaría el protagonista en la misma fase (únicamente se trabajo con los TR de las respuestas correctas).

	N	Mínimo	Máximo	Media		Desviación estándar	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Estadístico
Condicion1_Conocidos_Sesion1	15	3	14	8.60	.761	2.947	8.686
Condicion1_Desconocidos_Sesion1	15	3	12	7.73	.714	2.764	7.638
Condicion1_Conocidos_Sesion2	15	5	15	8.53	.703	2.722	7.410
Condicion1_Desconocidos_Sesion2	15	5	11	8.20	.470	1.821	3.314
Condicion2_Conocidos_Sesion1	15	3	12	7.47	.542	2.100	4.410
Condicion2_Desconocidos_Sesion1	15	5	12	7.53	.616	2.386	5.695
Condicion2_Conocidos_Sesion2	15	3	13	7.53	.661	2.560	6.552
Condicion2_Desconocidos_Sesion2	15	3	11	6.93	.530	2.052	4.210
Condicion3_Conocidos_Sesion1	15	3	14	8.40	.709	2.746	7.543
Condicion3_Desconocidos_Sesion1	15	4	13	8.13	.723	2.800	7.838
Condicion3_Conocidos_Sesion2	15	3	16	7.80	.901	3.489	12.171
Condicion3_Desconocidos_Sesion2	15	6	11	8.40	.434	1.682	2.829
N válido (por lista)	15						

Tabla 3. Estadísticos Descriptivos del Número de Aciertos

En la tabla se muestran las medidas de tendencia central del Número de Aciertos por cada Condición (1,2 3), Tipo de video (Conocidos y Desconocidos) así como por la Sesión de predicción (1ª y 2ª).

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media		Desviación estándar	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Estadístico
Condicion1_Conocidos_Sesion1	15	.325	.892	.49869	.046009	.178191	.032
Condicion1_Desconocidos_Sesion1	15	.310	.892	.51870	.048007	.185930	.035
Condicion1_Conocidos_Sesion2	15	.306	.739	.44086	.031714	.122827	.015
Condicion1_Desconocidos_Sesion2	15	.284	.741	.45345	.033581	.130059	.017
Condicion2_Conocidos_Sesion1	15	.276	1.783	.57492	.093833	.363415	.132
Condicion2_Desconocidos_Sesion1	15	.324	1.215	.55296	.070246	.272062	.074
Condicion2_Conocidos_Sesion2	15	.249	1.287	.50626	.069105	.267643	.072
Condicion2_Desconocidos_Sesion2	15	.203	1.419	.51927	.087888	.340388	.116
Condicion3_Conocidos_Sesion1	15	.407	.945	.60192	.047321	.183275	.034
Condicion3_Desconocidos_Sesion1	15	.401	.961	.57432	.048780	.188922	.036
Condicion3_Conocidos_Sesion2	15	.280	.875	.46761	.040001	.154924	.024
Condicion3_Desconocidos_Sesion2	15	.293	.771	.47110	.032791	.127000	.016
N válido (por lista)	14						

Tabla 4. Estadísticos Descriptivos del Tiempo de Reacción

En la tabla se muestran las medidas de tendencia central del Tiempo de Reacción por cada Condición (1,2 3), Tipo de video (Conocidos y Desconocidos) así como por la Sesión de predicción (1ª y 2ª).

Para analizar los datos del Número Aciertos se dividieron en: respuestas de videos de recorridos laberinto que ellos habían realizado en el caso de la Condición 1 (NA-Conocidos) y en videos de recorridos laberinto que ellos no habían realizado en la misma condición (NA-Desconocidos). Y para la Condiciones 2 y 3 se dividieron las respuestas de videos de recorridos de laberinto que habían visto (NA-Conocidos), y en videos de recorridos de laberinto que no habían visto (NA-Desconocidos). También los datos de los TR fueron divididos en: TR de videos de recorridos de laberinto que ellos habían realizado en el caso de la Condición 1 (TR-Conocidos), y en TR de videos de recorridos laberinto que ellos no habían realizado en la misma condición (TR-Desconocidos). Y para la Condiciones 2 y 3 se dividieron las respuestas de los TR de videos de recorridos de laberinto que habían visto (TR-Conocidos), y en los TR de videos de recorridos de laberinto que no habían visto (TR-Desconocidos).

Para conocer si existían diferencias en la distribución de medias del Número de Aciertos se realizó un ANOVA de tres vías de medidas repetidas, con sesión (primera y segunda) y tipo de video (conocido y desconocido) como factores intra-sujeto, y condición (1, 2 y 3) como factor inter-sujetos. El análisis reveló que no hay efectos principales en ninguno de

los factores: sesión [ $F_{(1, 42)} = 0.50, p = 0.824, \eta^2 = 0.001$ ], tipo de video [ $F_{(1, 42)} = 0.391, p = 0.535, \eta^2 = 0.009$ ] ni condición [ $F_{(2, 42)} = 1.157, p = 0.324, \eta^2 = 0.052$ ]. Además, no existen interacciones entre factores reveladas por el análisis.

Por otra parte, para conocer si existían diferencias en la distribución de medias de los Tiempos de Reacción se realizó un ANOVA de tres vías de medidas repetidas para los tiempos de reacción con sesión (primera y segunda) y tipo de video (conocido y desconocido) como factores intra-sujeto, y condición (1, 2 y 3) como factor inter-sujetos. El análisis reveló un efecto principal en el tipo de sesión [ $F_{(1, 42)} = 5.824, p = 0.020, \eta^2 = 0.122$ ], pero no hay efectos principales en los otros factores de tipo de video [ $F_{(1, 42)} = 0.071, p = 0.791, \eta^2 = 0.002$ ] y condición [ $F_{(2, 42)} = 0.362, p = 0.698, \eta^2 = 0.017$ ]. Asimismo el análisis arrojó que no existen interacciones entre factores.

Por otra parte, debido a que la prueba ANOVA mostró un efecto en el tipo de sesión (1ª y 2ª) de los resultados en los Tiempos de Reacción se realizaron comparaciones planeadas para conocer en que condición (1,2 o 3) así como en que tipo de video (conocido y desconocido) existían diferencias. Por lo tanto se aplicaron pruebas *t de Student* para muestras relacionadas entre los Tiempos de Reacción. Las pruebas *t de Student* se aplicaron a las respuestas de los Tiempos de Reacción entre 1ª y 2ª sesión de la misma condición y mismo tipo de video. Los resultados de las pruebas estadísticas fueron: Condición 1-Videos Conocidos-Sesión 1 VS Condición 1-Videos Conocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son: [ $t(14) = 1.501, p=.156$ ] por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas entre los Tiempos de Reacción de estos tipos de video; Condición 1-Videos Desconocidos-Sesión 1 VS Condición 1-Videos Desconocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son: [ $t(14) = 1.631, p=.125$ ] por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas entre los Tiempos de Reacción de estos tipos de video; Condición 2-Videos Conocidos-Sesión 1 VS Condición 2-Videos Conocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son: [ $t(14) = .841, p=.415$ ] por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas entre los Tiempos de Reacción de estos tipos de video; Condición 2-Videos Desconocidos-Sesión 1 VS Condición 2-Videos Desconocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son: [ $t(14) = .485, p=.636$ ] por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas entre los Tiempos de Reacción de estos tipos de video; Condición 3-Videos Desconocidos-Sesión 1 VS Condición 3-Videos Desconocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son: [ $t(14) = 2.174, p=.047$ ] por lo tanto no existen diferencias estadísticamente significativas entre los Tiempos de Reacción de estos tipos de video.

Sin embargo en el estadístico de la Condición 3-Videos Conocidos-Sesión 1 VS Condición 3-Videos Conocidos-Sesión 2 los resultados de la prueba son:  $t(14) = 2.535, p=.024$  por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes sesiones. El Tiempo de Reacción de las respuestas de los participantes de la Condición 3 en videos que les eran conocidos son significativamente más cortos en la 2ª sesión  $[M=0.468, \eta^2=0.040]$  que en la 1ª sesión  $[M=0.602, \eta^2=0.047]$ , posiblemente debido a que los participantes en la 2ª sesión conocían la tarea que debían realizar y en la 1ª sesión eran más lentos en dar su respuestas ya que, debían aprender la tarea.



## 6. Conclusiones

El análisis estadístico no muestra que los participantes tuvieran diferencias en el desempeño al predecir eventos externos de los cuales fueron autores en comparación con aquellos que no. De la misma manera, no existen diferencias en el desempeño en predecir eventos externos de los cuales tuvieran una experiencia previa con eventos externos similares pero que les eran nuevos. Sin embargo, resultados de varios estudios apuntan a que generamos predicciones más certeras de eventos externos de los que somos autores. Por lo tanto, la no significancia estadística en los resultados del experimento realizado, posiblemente se deba a problemas o carencias en la tarea que se llevó a cabo, así como en la implementación de la misma. **Más no a que la cantidad de información sensorial\* o motriz\* con la que se cuenta\* al codificar eventos externos\* no este relacionada\* con nuestro desempeño\* de generar predicciones\* de tales eventos\*.** (bruno-ale digo, a lo mejor tómalo como un ejercicio para tu futuro; en donde marqué un asterisco es algo que podrías llamar cápsula o idea; normalmente, una frase u oración, para que se entienda necesita tener 2 o 3 max) Esto se debe a que estamos convencidos de que el marco teórico y experimental en el cual se fundamenta tal hipótesis es robusto.

(bruno-ale- Matizar de alguna manera –desde donde está marcado en amarillo- para que quede claro, algo así como que “dado que estamos convencidos del marco teórico y no se que, hipotetizamos que las razones por las que no salió son tal y tal” ).

Con respecto a por qué no se observó una diferencia estadísticamente significativa en la Condición 1, nuestra hipótesis es que las representaciones motrices, producto de presionar las teclas, no son suficientemente significativas como para formar esquemas senso-motrices. Como consecuencia los sujetos no logran un mejor desempeño en predecir los videos de recorridos de laberinto de los que son autores. Además, la acción de presionar las diferentes teclas para cambiar la dirección del protagonista son relativamente similares. En consecuencia, no se tuvo una diferencia marcada en los esquemas senso-motrices que correlacionaron el movimiento de los dedos con el desplazamiento del protagonista. Por lo tanto, cuando se observaron videos de recorridos de laberintos propios las simulaciones, y en consecuencia las predicciones, que se tuvieron fueron poco precisas.

Con respecto a por qué no se observó una diferencia estadísticamente significativa en el desempeño de los participantes en la Condición 3. Posiblemente se deba a que, la relación entre el sonido y el movimiento del protagonista no fue lo suficientemente clara. Por lo tanto, no se generaron esquemas sensoriales más robustos que en la Condición 2, en la cual no hubo estimulación auditiva. Además, posiblemente debido a lo poco usual de la tarea de ver o realizar recorridos de laberintos se requiera de una mayor cantidad de repeticiones. Posiblemente con más repeticiones se puedan afianzar de mejor manera los esquemas sensoriales o senso-motrices (dependiendo de la condición), y en consecuencia puedan ser usados posteriormente en la tarea de predicción.

En suma, a pesar de que los resultados experimentales no muestran que los participantes tuvieran un mejor desempeño en alguna condición o tipo de video, el diseño experimental es sumamente valioso. En primer lugar, porque permite estudiar la influencia que la cantidad de información tiene en la codificación de eventos externos y la precisión de sus predicciones. Esto es porque el diseño experimental permite la comparación de las predicciones que tienen los participantes entre una condición, en la cual su propia acción provocó eventos externos, y otras en donde solamente percibieron eventos externos ajenos a su acción. Comparación que, con las metodologías aplicadas hasta el momento, no podía hacerse pues en la literatura actual, en todas las condiciones los participantes realizan la acción que posteriormente deben predecir. Para buscar encontrar el efecto de predicción en experimentos posteriores, algunos aspectos a considerar podrían ser:

- En relación a la tarea de recorrer el laberinto, se propone llevar a cabo comandos motrices más diferenciados. Esto se podría lograr mediante el movimiento de los brazos para indicar la dirección, usando un joystick o con botones separados espacialmente. Esto, creemos, produciría esquemas senso-motrices más robustos, logrando una asociación más evidente entre la ejecución de un movimiento y el desplazamiento del protagonista. En consecuencia cuando se tenga que realizar la tarea de predecir el camino que tomará el protagonista, se tenga una simulación más precisa de los propios recorridos. Y por lo tanto se observe un mejor desempeño en predecir los videos de dichos recorridos.
- Con respecto a la modalidad auditiva, se propone buscar la forma de que sea más evidente la relación de movimiento del protagonista y el sonido. Esto, con la idea de que la asociación multimodal sea más clara y –creemos- así se produzcan esquemas sensoriales multimodales más robustos de los recorridos del protagonista. En consecuencia cuando se realice la tarea de predecir el camino

que tomará el protagonista, se tenga una simulación más precisa de los recorridos que se vieron y escucharon. Y por lo tanto, se observe un mejor desempeño en predecir los videos de dichos recorridos.

- Con respecto a la repetición de ejecuciones u observaciones del laberinto, se propone un incremento. Esto, creemos, produciría que los esquemas senso-motrices o sensoriales se afiancen mejor. En consecuencia cuando se tenga que realizar la tarea de predecir el camino que tomará el protagonista, se tenga una simulación más precisa de los recorridos conocidos. Y por lo tanto se observe un mejor desempeño en predecir los videos de dichos recorridos.
- En relación al laberinto, se propone el uso de más versiones de éste, con el fin de evitar que la tarea se vuelva monótona. Para que así, los participantes mantengan la atención en todo momento.

En conclusión, se esperaría que estas propuestas generen esquemas senso-motrices más robustos que faciliten la predicción y reconocimiento de eventos externos. Estamos convencidos que este tipo de predicciones son parte del funcionamiento de los modelos predictivos, sin embargo, hace falta evidencia para sustentar esta afirmación. Este trabajo sienta bases importantes para tratar de llenar ese hueco que existe en la investigación acerca de modelos internos y predicción.

Intenta desarrollar esto que escribió ale antes:

1- Crees que los participantes respondieron azarosamente y que esto explique la media de aciertos obtenida en propios y desconocidos (y en todas las condiciones)? Si es así, cómo podrías evitar esto para futuras investigaciones? Crees que en la de los dardos lo lograron evitar?

2- Creo que vale la pena regresar a tus hipótesis. Por ejemplo, crees que la cantidad de modalidades sensoriales asociadas a un evento externo afecte el desempeño para realizar predicciones? Pensando en que más modalidades es igual a más info,

que tan importante es ser el autor del evento externo, esto es tener un comando motor asociado a la predicción? En tu caso equiparaste cantidad de modalidades (propio-visual vs visual-auditiva), que esperabas tú y que puedes concluir al respecto, en el sentido de la "importancia" o relevancia de la modalidad?

Aquí es importante que retomes puntos clave de tu introducción.

## **Bibliografía:**

- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annu. Rev. Psychol.*, 59, 617-645.
- Barsalou, L. W. (2009). Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1521), 1281-1289.
- Blakemore, S. J., Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (1999). Spatio-temporal prediction modulates the perception of self-produced stimuli. *Journal of cognitive neuroscience*, 11(5), 551-559.
- Blakemore, S. J., Wolpert, D., & Frith, C. (2000). Why can't you tickle yourself?. *Neuroreport*, 11(11), R11-R16.
- Bubic, A., Von Cramon, D. Y., & Schubotz, R. I. (2010). Prediction, cognition and the brain. *Frontiers in human neuroscience*, 4, 25.
- Buccino, G., Binkofski, F., & Riggio, L. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and language*, 89(2), 370-376.
- Butz, M. V., Sigaud, O., & Gerard, P. (2003). Internal models and anticipations in adaptive learning systems. In *Anticipatory behavior in adaptive learning systems* (pp. 86-109). Springer Berlin Heidelberg.
- Brass, M., Bekkering, H., & Prinz, W. (2001). Movement observation affects movement execution in a simple response task. *Acta psychologica*, 106(1), 3-22.
- Csibra, G. (2005). Mirror neurons and action observation. Is simulation involved. *What do mirror neurons mean*.
- Casile, A., & Giese, M. A. (2006). Nonvisual motor training influences biological motion perception. *Current Biology*, 16(1), 69-74.
- Chong, T. T. J., Cunnington, R., Williams, M. A., Kanwisher, N., & Mattingley, J. B. (2008). fMRI adaptation reveals mirror neurons in human inferior parietal cortex. *Current biology*, 18(20), 1576-1580.

Crapse, T. B., & Sommer, M. A. (2008). Corollary discharge across the animal kingdom. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(8), 587-600.

Desmurget, M., & Grafton, S. (2000). Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 423-431.

Flach, R., Knoblich, G., & Prinz, W. (2003). Off-line authorship effects in action perception. *Brain and Cognition*, 53(3), 503-513.

Flanagan, J. R., & Wing, A. M. (1997). The role of internal models in motion planning and control: evidence from grip force adjustments during movements of hand-held loads. *The Journal of Neuroscience*, 17(4), 1519-1528.

Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (2000). Abnormalities in the awareness and control of action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 355(1404), 1771-1788.

Hecht, H., Vogt, S., & Prinz, W. (2001). Motor learning enhances perceptual judgment: A case for action-perception transfer. *Psychological research*, 65(1), 3-14.

Hesslow, G. (2002). Conscious thought as simulation of behaviour and perception. *Trends in cognitive sciences*, 6(6), 242-247.

Hommel, B., & Müsseler, J. A. G., & Prinz, W. (2001). *The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning. Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 849-937.

Johansson, R. S., & Edin, B. B. (1993). Predictive feed-forward sensory control during grasping and manipulation in man. *BIOMEDICAL RESEARCH-TOKYO-*, 14, 95-95.

Jokisch, D., Daum, I., & Troje, N. F. (2006). Self recognition versus recognition of others by biological motion: Viewpoint-dependent effects. *Perception*, 35(7), 911-920.

Jordan, M. I., & Rumelhart, D. E. (1992). Forward models: Supervised learning with a distal teacher. *Cognitive science*, 16(3), 307-354.

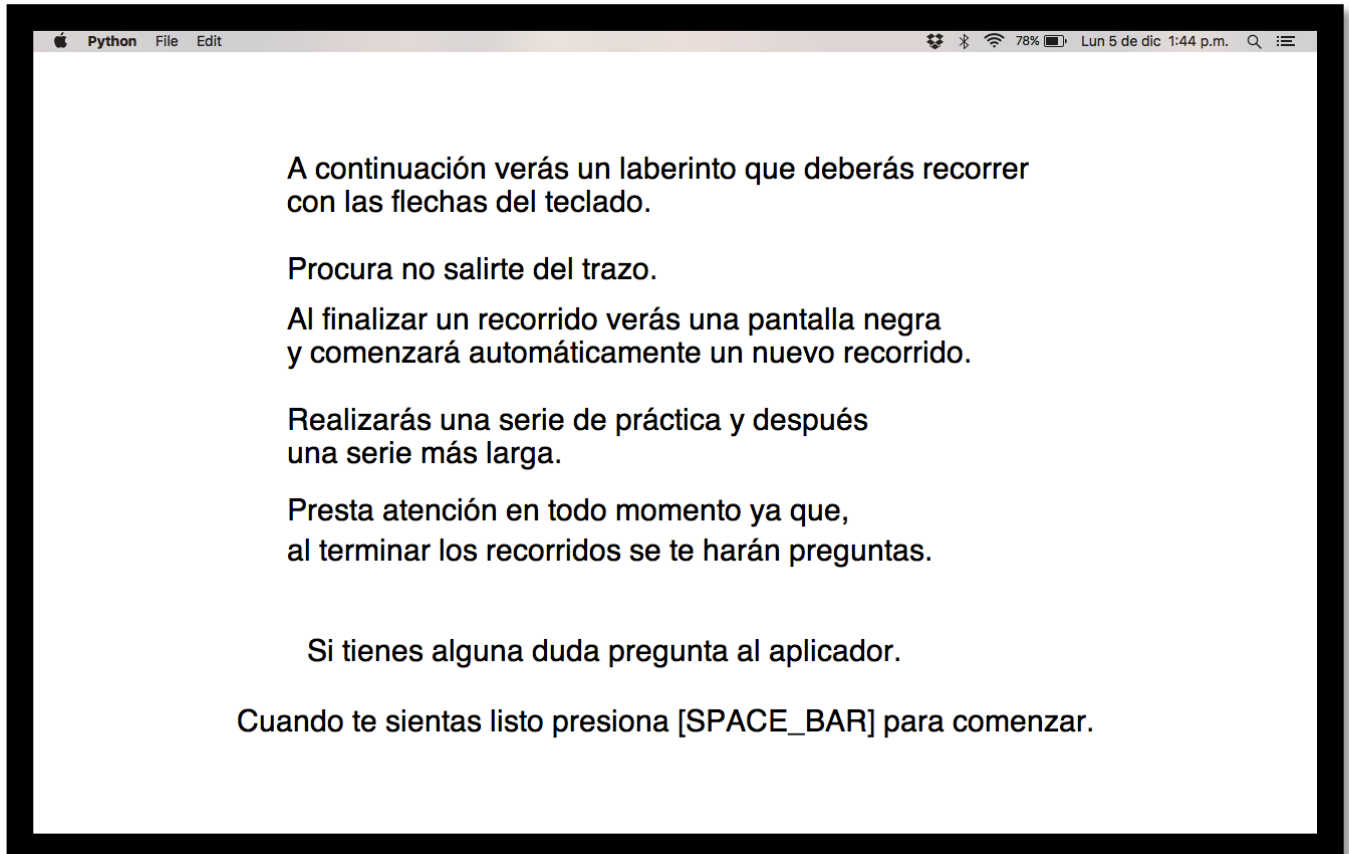
Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current opinion in neurobiology*, 9(6), 718-727.

- Keller, P. E., Knoblich, G., & Repp, B. H. (2007). Pianists duet better when they play with themselves: On the possible role of action simulation in synchronization. *Consciousness and cognition*, 16(1), 102-111.
- Kilner, J. M., Friston, K. J., & Frith, C. D. (2007). Predictive coding: an account of the mirror neuron system. *Cognitive processing*, 8(3), 159-166.
- Knoblich, G., & Flach, R. (2001). Predicting the effects of actions: Interactions of perception and action. *Psychological Science*, 12(6), 467-472.
- Knoblich, G., & Prinz, W. (2001). Recognition of self-generated actions from kinematic displays of drawing. *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance*, 27(2), 456.
- Knoblich, G., Seigerschmidt, E., Flach, R., & Prinz, W. (2002). Authorship effects in the prediction of handwriting strokes: Evidence for action simulation during action perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 55(3), 1027-1046.
- Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M. A., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, 297(5582), 846-848.
- Loula, F., Prasad, S., Harber, K., & Shiffrar, M. (2005). Recognizing people from their movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(1), 210.
- Miall, R. C., & Wolpert, D. M. (1996). Forward models for physiological motor control. *Neural networks*, 9(8), 1265-1279.
- Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy and embryology*, 210(5), 419-421.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1999). Resonance behaviors and mirror neurons. *Archives italiennes de biologie*, 137(2), 85-100.
- Repp, B. H. (1987). The sound of two hands clapping: An exploratory study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81(4), 1100-1109.

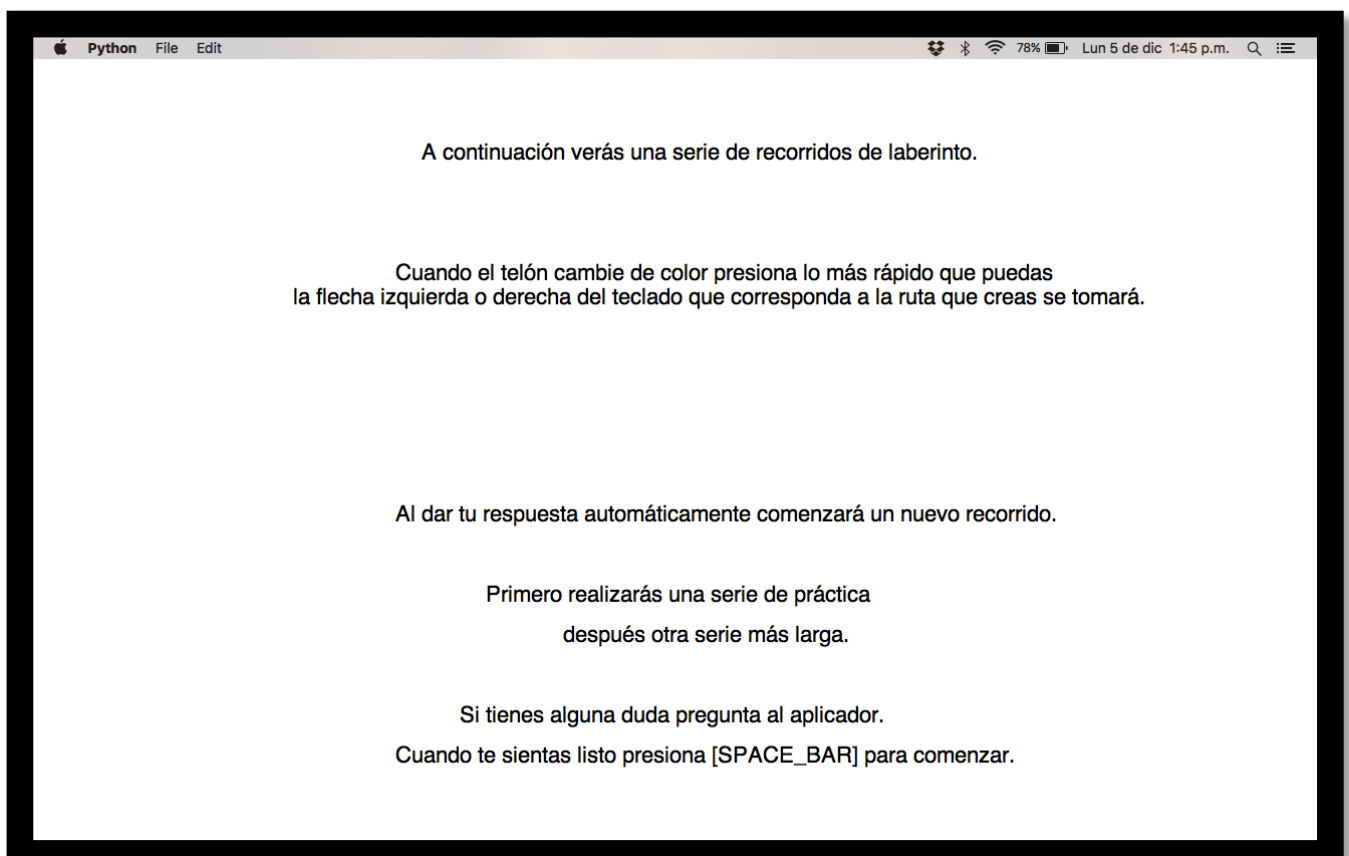
- Repp, B. H., & Knoblich, G. (2004). Perceiving action identity how pianists recognize their own performances. *Psychological Science*, 15(9), 604-609.
- Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2001). Functional organization of the lateral premotor cortex: fMRI reveals different regions activated by anticipation of object properties, location and speed. *Cognitive Brain Research*, 11(1), 97-112.
- Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2002). Predicting perceptual events activates corresponding motor schemes in lateral premotor cortex: an fMRI study. *Neuroimage*, 15(4), 787-796.
- Schubotz, R. I. (2007). Prediction of external events with our motor system: towards a new framework. *Trends in cognitive sciences*, 11(5), 211-218.
- Von Holst, E. (1954). Relations between the central nervous system and the peripheral organs. *The British Journal of Animal Behaviour*, 2(3), 89-94.
- Wilson, M., & Knoblich, G. (2005). The case for motor involvement in perceiving conspecifics. *Psychological bulletin*, 131(3), 460.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269(5232), 1880.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Flanagan, J. R. (2001). Perspectives and problems in motor learning. *Trends in cognitive sciences*, 5(11), 487-494.
- Wolpert, D. M., Doya, K., & Kawato, M. (2003). A unifying computational framework for motor control and social interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 358(1431), 593-602.
- Wulf, G., & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic bulletin & review*, 8(4), 648-660.

## Anexos:

### Anexo 1: Instrucciones de la *Fase de Grabación* de la Condición 1.



### Anexo 2: Instrucciones de la *Fase de Predicción* de la Condición 1, 2 y 3.





Anexo 3: Instrucciones de la *Fase de Aprendizaje* de la Condición 2 y 3.

