



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

CAMPO DE CONOCIMIENTO: FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS COGNITIVAS

*PENETRABILIDAD COGNITIVA DE LA PERCEPCIÓN Y MEMORIA EN EL  
PROCESAMIENTO PREDICTIVO*

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
*MAESTRA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA*

PRESENTA:

*AZUL SANTIBAÑEZ MÉNDEZ*

TUTOR:

*MIGUEL ÁNGEL SEBASTIÁN GONZÁLEZ*

*Instituto de Investigaciones Filosóficas*

**Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Diciembre del 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Esta investigación fue realizada gracias al apoyo de una beca de posgrado de CONACYT, recibida desde agosto del 2014 hasta julio del 2016.**

**Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM <<IA400615>> <<El papel de la consciencia en las creencias perceptivas y de primera persona>>. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.**

## **Agradecimientos**

El trabajo que hacemos en filosofía no puede darse en aislamiento. En lo personal, estoy en deuda con una gran cantidad de personas cuyas aportaciones a mi investigación y a mi vida son invaluableles.

Antes que nada quiero dar las gracias a mi tutor, Miguel Ángel Sebastián. Si el trabajo que presento en estas páginas tiene dirección, coherencia y relevancia es en gran medida gracias a su paciencia, perspicacia y conocimiento sobre filosofía y ciencias cognitivas. La orientación que me dio Miguel Ángel con respecto al rigor y profundidad en la investigación me ha servido no únicamente para realizar una tesis que vale la pena leer, sino para mejorar como filósofa.

Por otra parte, fue esencial para darle forma a este trabajo la ayuda que recibí por parte de quienes se tomaron el tiempo de leerlo y darme comentarios para mejorar. En particular, estoy en deuda con Maite Ezcurdia y con Ángeles Eraña, por sus cuidadosas observaciones y buenos consejos. Además, agradezco los comentarios recibidos por parte de Ricardo Vázquez y Nydia Lara, quienes también tuvieron la atención de leer mi trabajo y darme indicaciones para pulirlo un poco más.

No menos importante fue toda la ayuda del personal académico y administrativo del Posgrado en Filosofía de la Ciencia, aprecio particularmente las atenciones de Marisela López, el coordinador del programa Francisco Hernández y el coordinador anterior, Axel Barceló.

También estoy profundamente agradecida con varios de los compañeros y amigos que tuve la gran fortuna de encontrar en el posgrado: Moisés Macías, Fernando Cano y Agustín

Ojeda. Quiero agradecer especialmente a mi amigo Juan Pablo Ahumada, por todas las conversaciones enriquecedoras que hemos compartido en este tiempo. Además quiero agradecer a mi familia por todo su apoyo y cariño. Antes que nada a mis padres Miguel Ángel y María Antonieta. También a mis hermanas Sol y Ada y a mi hermano René. Finalmente, pero no menos importante, doy las gracias a mi compañero Juan Pablo Bribiesca, por darme ánimos en los últimos, difíciles y cruciales momentos de este proceso.

## Índice

### Introducción 6

#### 1. Procesamiento predictivo

- 1.1 Introducción 18
- 1.2 La codificación predictiva 21
- 1.3 Inferencia perceptiva y probabilidad bayesiana 23
- 1.4 Minimización y calibración de errores de predicción 29
- 1.5 Procesamiento perceptivo en una jerarquía 32
- 1.6 Conclusión 36

#### 2. Penetrabilidad cognitiva de la percepción

- 2.1 Introducción 38
- 2.2 La interface cognición-percepción 41
- 2.3 Requisitos para la penetrabilidad cognitiva de la percepción 43
- 2.4 Escala de tiempo 46
- 2.5 La distinción de la forma en el procesamiento predictivo 48
- 2.6 Penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo 49
- 2.7 Nueva hipótesis de penetrabilidad cognitiva en el procesamiento predictivo 54
- 2.8 Argumentos a favor de PC2 56
- 2.9 Conclusión 58

#### 3. Procesamiento predictivo, penetrabilidad cognitiva y memoria

- 3.1 Introducción 60
- 3.2 El procesamiento predictivo y el conocimiento sobre regularidades 62
- 3.3 Condiciones para M 68
- 3.4 La memoria como un tipo de experiencia 73
- 3.5 Sistemas de memoria y PIMMS 75
- 3.6 Implicaciones de PC2 79
- 3.7 Conclusión 80

### Conclusiones 82

### Bibliografía 87

## Introducción

### I. La percepción

Al percibir logramos alguna de las siguientes tareas, o una combinación de ellas: descubrir cómo es el mundo, percatarnos conscientemente de nuestro ambiente (Vance, 2015), o bien, actuar exitosamente en el medio (Clark, 2016).<sup>1</sup> Al estudiar la percepción, enfocarnos en la primera de estas tareas nos llevaría a hacernos preguntas como ésta: ¿cuáles son las condiciones que permiten que la percepción nos brinde información verídica sobre el mundo? Si nos enfocamos en la segunda de estas tareas, nos preguntaremos, por ejemplo, lo siguiente: ¿qué distingue los estados perceptivos conscientes de los no conscientes (podría ser por su fenomenología o “cómo se siente”, por ejemplo, escuchar un Do en el piano)? En cambio, concentrarnos en la tercera tarea nos lleva a indagaciones de este estilo: ¿de qué manera, mediante la percepción, es posible obtener información que permita actuar exitosamente en el mundo (independientemente de si es verídica, tiene cierta fenomenología, etc.)?

La perspectiva de la que partiré en este trabajo está relacionada con la tercera cuestión, que también puede formularse así: ¿cómo puede el sujeto obtener, de manera eficiente, modelos del mundo que guíen su acción?<sup>2</sup> La respuesta que pondré a consideración es que, mediante la percepción, se cumple con la tarea de *inferir las causas de los estímulos* a partir

---

<sup>1</sup> Estos tres objetivos y sus correspondientes enfoques no tienen por qué ser excluyentes. Alguien podría decir, por ejemplo, que la percepción solamente nos da información útil para la acción si dicha información es verídica, en el sentido de que corresponde con cómo es el mundo. Aquí no defenderé una postura así ni entraré en detalles al respecto.

<sup>2</sup> Cabe aclarar que los autores que retomaré no se restringen a esta perspectiva. En particular, Hohwy (2013) sí parece interesado en afirmar que podemos representar adecuadamente al mundo y Clark (2016) tiene una propuesta con mayores alcances, en el sentido de que relaciona los modelos de procesamiento predictivo con una propuesta sobre cognición corporeizada.

de la información presente en los sentidos. Esta *inferencia perceptiva* es una estrategia eficiente para lograr el objetivo propuesto (guiar la acción) ya que nos provee de datos suficientes para movernos en el mundo, sin ocupar muchos recursos. Más aun, es eficiente porque, para realizar dicha inferencia, nos basamos en conocimiento previamente adquirido.

Esto se comprenderá mejor con un ejemplo: voy caminando en la calle cuando escucho un ruido e infiero (de manera inconsciente, como veremos) que es causado por un coche que se aproxima, esto me permite hacerme a un lado y evitar el peligro. Nótese que, para lograr actuar exitosamente (evadir el peligro), no es necesario indagar si *en verdad* había un coche ahí o si mi experiencia del ruido tiene una *fenomenología particular*. La información que necesito es esencialmente aquella que permite hacer inferencias perceptivas, en el sentido que retomaré en este trabajo: el estímulo presente (ruido) más la hipótesis de la causa posible (un coche). Puedo hacer dichas inferencias ya que he aprendido de mi experiencia previa; si nunca hubiera escuchado o visto un coche, ¿cómo podría inferir que esa es la causa del ruido que percibo y moverme para evitar el peligro?

## II. Inferencias perceptivas bayesianas

Estas inferencias perceptivas son de un tipo particular, a saber, *probabilísticas*. Dado que, en la percepción así como en la cognición, debemos operar bajo condiciones de incertidumbre, ambigüedad, ruido, información incompleta, etc., la teoría de la probabilidad puede resultar sumamente provechosa para modelar estos procesos. En efecto “todos los sistemas perceptivos deben resolver un problema de sub-determinación: los datos sensoriales que reciben podrían ser causados por una infinidad de arreglos de objetos y

propiedades distales” (Vance, 2015, pág. 641). Este problema se conoce como *problema de la ambigüedad del estímulo*. Asimismo, éste se conecta con una manera de formular el problema de la percepción: el problema de relacionar los estímulos presentes con sus causas respectivas (Hohwy, 2013, pág. 13). Ahora bien, quizá el sujeto no puede inferir cuál es la causa exacta del estímulo que recibe pero puede inferir cuál es *la causa más probable*, lo cual generalmente será suficiente para guiar la acción. En la siguiente sección quedará más claro por qué considero que ésta es una estrategia *eficiente* para resolver el problema de la percepción como acabo de delinearlo.

Específicamente, la manera en que entenderé estas inferencias perceptivas es mediante la probabilidad *bayesiana*. ¿Qué quiere decir esto? He dicho que la información que necesito para realizar inferencias perceptivas y guiar mi acción es la siguiente: el estímulo presente o la evidencia, más la hipótesis de una causa posible. Es suficiente, para cumplir con la tarea propia de la percepción que he resaltado, estimar la *probabilidad* de que se dé el estímulo y de que se dé la evidencia. Aunado a esto, necesito obtener la probabilidad de la evidencia *dada* la hipótesis. En el ejemplo: la probabilidad de que haya un coche, *dado que* (en el supuesto que, asumiendo que) escucho un ruido particular es alta. En contraste, la probabilidad de que haya un coche que se aproxima, *dado que* escucho gritos, es muy baja. Si lo que escucho son gritos, es menos probable que se trate de un coche.

La información que tenemos es ésta: la probabilidad de la hipótesis, la probabilidad de la evidencia y la probabilidad de la evidencia, *dada* la hipótesis (llamada *probabilidad inversa* o, en inglés, *likelihood*). Lo que queremos conocer es qué tan probable es la hipótesis de que, por ejemplo, hay un coche que se aproxima, condicionada a (*dado que*, o *asumiendo*)

la probabilidad de la evidencia de que, por ejemplo, escucho un ruido particular. Estos son los elementos que conforman el teorema de Bayes:

$$P(H|E) = \frac{P(H)P(E|H)}{P(E)}$$

De esta manera, se estipula (en los modelos que pondré a consideración aquí) que el sistema llega a un percepto cuando representa el valor de  $H$  que maximiza  $P(H|E)$ , esto es, que resulta en una probabilidad posterior (la probabilidad que obtenemos cuando condicionamos según el teorema de Bayes, tras resolver la ecuación que acabamos de ver) más alta que si se seleccionan otras hipótesis.<sup>3</sup> La manera más sencilla de entender esto es que el sistema selecciona entre varias hipótesis la que maximiza el valor de  $P(H|E)$ , esto es lo que se conoce como el máximo *a posteriori* (Vance, 2015, pág. 648). En el ejemplo: la probabilidad de la hipótesis dada la evidencia es mayor para la hipótesis de que se trata de un coche, que para la hipótesis de que se trata de una bicicleta que se acerca.

Dicho brevemente, la propuesta es que, mediante la percepción, se cumple con la tarea de *inferir las causas probables* de los estímulos. Esto nos provee de información que necesitamos para actuar en el mundo, la cual es una de las funciones postuladas para la percepción (no necesariamente la única o la más importante).

### III. Codificación predictiva

¿Cómo se llevan a cabo estas inferencias perceptivas? La respuesta proviene de la teoría de minimización de errores de predicción. Ésta se basa en la codificación predictiva

---

<sup>3</sup> Siguiendo la teoría bayesiana de la confirmación (Weisberg, 2016), si la evidencia confirma la hipótesis, la probabilidad condicionada de la hipótesis, dada la evidencia, debe ser mayor a la de la hipótesis por sí misma. Así, la probabilidad de que haya un coche que se aproxima, *dado* que escucho ruidos de motor, sería mayor a la probabilidad de que hay un coche que se aproxima.

(*predictive coding*), que es una estrategia de compresión de datos, es decir, un método para la transferencia de información como imágenes y video. En el caso de una imagen, se parte de que es posible predecir la intensidad de valor de un pixel dado el valor de intensidad de los pixeles circundantes (por ejemplo, es muy probable que un pixel esté rodeado por pixeles del mismo color en una imagen). Así, con la codificación predictiva o *diferencial*, es posible utilizar las correlaciones entre pixeles para transmitir únicamente lo que no se puede predecir: la diferencia o el *error de predicción*.

La codificación predictiva, tomada como un principio para el funcionamiento eficiente del sistema sensorial, es posible gracias a que hay redundancias en la señal. Estas a su vez se explican por la tendencia hacia la uniformidad espacial y temporal: los objetos tienen una extensión finita en el espacio y permanecen a través del tiempo (Huang & Rao, 2011). Un presupuesto crucial de los modelos de codificación predictiva es que el sistema intenta aprender un modelo del ambiente, modelo que usará para predecir activamente la señal que recibirá (Huang & Rao, 2011). Me interesa particularmente hacer explícito lo siguiente: el conocimiento (entendido en sentido laxo, como información previamente adquirida) sobre las redundancias en la señal o las regularidades en el mundo, puede ser utilizado para procesar la señal en la forma de la inferencia perceptiva. Esto es así porque se requiere para poder generar hipótesis y establecer las probabilidades previas que se actualizarán a la luz de la evidencia.

Con base en la codificación predictiva se ha propuesto la teoría de *minimización de errores de predicción* (Hohwy J. , 2013; Clark, 2013). Ésta se basa en los siguientes presupuestos: hay regularidades en el mundo, detectables por el agente, y a partir de la experiencia de dichas regularidades éste forma un modelo que constituiría la base para

hacer hipótesis sobre las causas de los estímulos. Estas hipótesis, en dicha teoría, se conciben como *predicciones* que, al ser contrastadas con la información proveniente de los sentidos, generan *errores de predicción*. Los errores de predicción llevan al sistema a cambiar de hipótesis o poner a punto el modelo del mundo (Hohwy J. , 2013, pág. 50). La idea clave aquí es que la hipótesis con mayor probabilidad posterior (una vez que se ha tomado en cuenta la probabilidad de la hipótesis y la de los datos) es a la vez aquella que mejor conlleva a una minimización de errores de predicción, como quedó explicado en la sección anterior.

De esta manera “percibir el mundo es enfrentar la señal sensorial con una corriente apta de predicciones multinivel. Esas predicciones tienen como objetivo construir la señal sensorial entrante ‘desde lo más alto hacia abajo’ usando conocimiento almacenado sobre las causas distales interactivas” (Clark, 2016, pág. 6). En lo subsiguiente, me referiré a los modelos afines a esta propuesta como modelos de *procesamiento predictivo*. Algunos autores conservan el término de codificación predictiva, pero prefiero usar el término más general de procesamiento predictivo, siguiendo la línea de Clark (2016), para no confundirlo con la estrategia de compresión de datos.

Es importante hacer una aclaración: aquí las inferencias perceptivas son inconscientes, por lo que es muy importante *no* confundir esta noción particular de “inferencia” con lo que hacen los agentes de manera consciente, a nivel personal. Por una parte, está la idea de que el sistema realiza inferencias bayesianas inconscientes con las que se determina la causa probable de los estímulos. Esto no equivale a decir que el sistema (el cerebro) hace *inferencias causales*, como lo hacen los agentes a nivel personal; no me parece que sea necesario para aceptar esta propuesta defender que, para hacer inferencias perceptivas, se

requiere el concepto de causa. Por otra parte, en la teoría de minimización de errores de predicción, las hipótesis propias de la inferencia bayesiana se toman como *predicciones*, que se compararán con el estímulo presente. Esto no equivale a decir que el sistema hace *inferencias predictivas*, como lo hacen los agentes a nivel personal.

### III. Modularidad y penetrabilidad cognitiva

A partir de esta manera de entender la percepción se siguen algunas implicaciones: aquí la experiencia perceptiva se identifica *no* con una representación pictórica o isomorfa con (cuyas características pueden mapearse o relacionarse con las de) el objeto que representa (Burnston, 2016, pág. 4; Block, 2014, pág. 560), sino con la hipótesis que mejor explica el patrón presente de estimulación sensorial. Además, se sigue que posiblemente aquí la percepción es *cognitivamente penetrable*. Esto quiere decir que los estados perceptivos (*percibo* una silla como azul, aunque la iluminación no me permite verla con claridad) están influidos por estados cognitivos como expectativas, creencias y recuerdos (*creo* que todas las sillas en esta sala son azules).<sup>4</sup>

¿Por qué es importante determinar si la percepción es cognitivamente penetrable? Esto se relaciona con la arquitectura mental. La mente, según la influyente propuesta de Fodor (1983), es un sistema constituido por módulos. La característica principal de los módulos es el *encapsulamiento informacional*, es decir, que las operaciones que se llevan a cabo en un módulo informacionalmente encapsulado no requieren del aporte (input) de otros módulos

---

<sup>4</sup> Como se podrá ver en el capítulo 2, la distinción entre estados cognitivos y estados perceptivos no es fácil de trazar. Algunos consideran que percepción y cognición están separados en la naturaleza (Block, 2014), otros consideran que se distinguen por la estructura interna de sus representaciones (los estados perceptivos tendrían una estructura icónica y los estados cognitivos serían proposicionales) (Burnston, 2016). En los modelos que retomaré aquí, parece ser que la diferencia entre ambos es más bien de grados (Hohwy J. , 2013).

(Stokes, 2013, pág. 653). Esta característica está estrechamente relacionada con el requisito, propuesto por Pylyshyn, de que la percepción debe ser cognitivamente impenetrable, aunque no son nociones equivalentes.

De acuerdo con Pylyshyn la percepción, específicamente la visión temprana (es decir, los primeros momentos en el procesamiento visual), no es susceptible de cambiar acorde con las creencias, deseos y expectativas del sujeto. La evidencia que se ha tomado como más relevante para lo anterior es la prevalencia de ciertas ilusiones ópticas, como la de Müller-Lyer. En el caso de esta ilusión, seguimos viendo las dos líneas como dispares a pesar de tener una creencia que nos indica que son iguales. Por ende, se argumenta, en casos como éste nuestro conocimiento no alcanza a influir en la información proveniente de la percepción. Hay varias maneras de responder a esta objeción, pero en el capítulo 2 se verá cómo es posible responder a este caso dentro de la propuesta presente. Esencialmente, la idea es que esta ilusión permanece porque percibir las líneas como desiguales correspondería con la hipótesis que maximiza el valor de  $P(H|E)$ .

Ahora bien, en el procesamiento predictivo la experiencia está determinada por las expectativas y/o del sujeto, en el siguiente sentido: se requiere la asignación de probabilidades previas, con base en información previamente almacenada. ¿Cuenta esto como penetrabilidad *cognitiva* de la percepción? En el contexto de las propuestas de Hohwy (2013), Clark (2016) y Lupyan (2015), se responde afirmativamente, ya que las creencias (a nivel personal) pueden contar como parte de la información que determina las probabilidades previas (*priors*) (Vance, 2015, pág. 651). Esto es posible porque (como veremos en la sección 2.2) no hay más que una distinción *de grado* entre aquello que cuenta como *cognitivo* y aquello que cuenta propiamente como *perceptivo*.

Se estipula que las predicciones son estados cognitivos o están influidas por estados cognitivos que tienen un papel (mayor o menor, según esto permita minimizar los errores de predicción y según el grado de incertidumbre en la señal recibida) en determinar la experiencia perceptiva. Defenderé que esta influencia se da gracias a lo que llamo *conocimiento sobre regularidades*, importante (quizá no suficiente) para generar las probabilidades previas. Esta noción de *conocimiento* debe entenderse de manera laxa, como “información previamente almacenada” que puede utilizarse para las inferencias perceptivas.

#### IV. Memoria

En los modelos de procesamiento predictivo la percepción se moldea por predicciones, entendidas como hipótesis con probabilidades previas, pero ¿de dónde provienen estas predicciones y cómo sabemos si nos ayudan a tener un modelo adecuado del mundo, en el sentido de que favorece la acción? En las teorías bayesianas de la confirmación, se da un problema análogo, conocido como *el problema de las probabilidades previas* (o “problema de los priors”) y consiste en lo siguiente (Weisberg, 2016): ¿cómo se asignan las probabilidades previas que hacen posible la condicionalización de probabilidades en la inferencia bayesiana y qué las justifica? Se ha avanzado poco en la solución de este problema, pero es posible dar una respuesta *psicológica* al mismo (Suppes, 2007). Mi interés no está en proponer una vía para resolver el problema propio de la teoría bayesiana de la confirmación, ni mucho menos en proponer una teoría sobre asignación de probabilidades; el alcance de mi respuesta se limita a los modelos de procesamiento predictivo.

Mi propuesta es que podemos *avanzar* una solución, en el marco de los modelos de procesamiento predictivo, si añadimos un sistema de memoria a la jerarquía de procesamiento sensorial. Esto es, si es el caso que la influencia de la cognición en la percepción se da (en parte) gracias al conocimiento sobre regularidades procesado por medio de un sistema de memoria. En efecto “los priors deben ser informados por algo. Es plausible que hasta cierto punto los priors estén moldeados por información obtenida en una escala de tiempo evolutiva. Los priors pueden también ser moldeados por aprendizaje que ocurre en la vida de un organismo o a escalas de tiempo más cortas” (Vance, 2015, pág. 654).

Si en efecto la percepción se da como una inferencia con vistas a determinar las causas de los estímulos (cómo *probablemente* es el mundo), para esto el sistema puede apoyarse en su conocimiento sobre regularidades. ¿Qué mejor lugar que la memoria para buscar el origen de la información utilizada (en muchos casos) para la inferencia perceptiva? Argumentaré que existe un *sistema de memoria*<sup>5</sup> que permite procesar el conocimiento sobre dichas regularidades el sistema semántico de memoria. Éste está encargado (en el modelo de sistemas múltiples, interactivos y predictivos de memoria o PIMMS) de procesar información sobre las características que suelen (con alta probabilidad) encontrarse en los objetos (por ejemplo, algunos objetos suelen tener un color específico). Éste trabaja en conjunto con el sistema episódico, en donde (entre otras cosas) se procesa la información sobre el contexto en que suelen encontrarse los objetos.

---

<sup>5</sup>Se trata aquí de una noción muy específica de memoria. Los sistemas de memoria son “estructuras organizadas de componentes operativos más elementales. Un componente operativo de un sistema consiste en un sustrato neural y sus correlatos conductuales o cognitivos” (Tulving, 1985, pág. 386). Por ejemplo: el sistema de memoria episódico se correlaciona con el hipocampo y su componente cognitivo es el procesamiento de recuerdos personales.

## V. Plan

En el primer capítulo motivaré y explicaré los modelos de procesamiento predictivo. Este capítulo es esencialmente expositivo. En el segundo capítulo defenderé que aquí la percepción se ve como cognitivamente penetrable, detallaré cuál es la relación propuesta entre cognición y percepción, a la vez que expondré algunos requisitos para aceptar este tipo de relación. Aquí comienza a tomar forma la idea de que la influencia de la cognición en la percepción se da gracias al conocimiento sobre regularidades. En el tercer capítulo procuraré, al recurrir a los sistemas de memoria, responder a lo siguiente: cuál es la naturaleza del conocimiento sobre regularidades que influye en la percepción, de dónde puede provenir la información utilizada para la generación de las probabilidades previas que se usan en la inferencia perceptiva.

La respuesta, en donde radica mi propuesta, es que este tipo de conocimiento es sobre, por ejemplo, las características que suelen tener los objetos y en qué contexto suelen encontrarse. Así, postulo que se este conocimiento se procesaría gracias al sistema semántico de memoria. En resumen, quiero proponer lo siguiente: *en los casos en los que hay penetrabilidad cognitiva, la percepción está determinada (en parte) por información previamente adquirida. Ésta a su vez es procesada gracias la memoria, específicamente, gracias a una jerarquía de sistemas de memoria interactivos y basados en predicciones (PIMMS).*

La estructura del argumento es la siguiente:

### **Primera parte (capítulo 1 y 2):**

P1. En el procesamiento predictivo, la percepción se da como una inferencia probabilística bayesiana.

P2. En el procesamiento predictivo, las predicciones y expectativas de precisión determinan la experiencia.

P3. Para ambas, el sujeto se apoya en información previamente adquirida

C1. Por lo tanto, en el procesamiento predictivo la experiencia es cognitivamente penetrable (ya que en la inferencia perceptiva se utiliza la información previamente adquirida).

**Segunda parte (capítulo 2 y 3):**

P1. La influencia de la cognición se da por las predicciones y probabilidades previas, obtenidos gracias a la información previamente adquirida.

P2. Esta información tiene la forma de conocimiento sobre regularidades.

P3. Este conocimiento requiere de lo siguiente: a. involucrar representaciones, b. ser moldeable por procesos de aprendizaje, c. optimizar la minimización de errores de predicción, d. ser útil para formar las probabilidades previas o priors necesarios para la inferencia perceptiva.

P4. Si hay una manera en que la memoria posibilite a, b, c, d, (los requisitos expuestos en P3) plausiblemente, la memoria tiene una influencia en la percepción.

P5. El sistema semántico de memoria, en conjunto con la jerarquía de sistemas de memoria PIMMS, posibilita a, b, c, d.

C2. Por lo tanto, plausiblemente, la memoria (en particular, el sistema semántico) tiene una influencia en la percepción, en el procesamiento predictivo (ésta es la hipótesis principal de este trabajo).

## Capítulo 1

### Procesamiento predictivo

#### 1.1 Introducción

De acuerdo con los modelos de procesamiento predictivo la percepción le permite al sujeto cumplir con la tarea de *inferir las causas distales de los estímulos*, en una manera que se modela utilizando el teorema de Bayes. Es decir, que estos modelos se basan en presupuestos provenientes de la llamada *hipótesis de codificación bayesiana*, que tiene dos partes: “1) El cerebro lleva a cabo inferencias bayesianas para permitirnos hacer juicios y guiar las acciones en el mundo, 2) El cerebro representa la información sensorial en la forma de distribuciones de probabilidad” (Colombo & Seriès, 2012, pág. 700). Esto quiere decir que la experiencia perceptiva se logra gracias a que el sistema representa la hipótesis que mejor explique las causas *probables* de los estímulos presentes, tomando en cuenta la *evidencia* o los datos sensoriales.

Ahora bien, estos modelos se basan en la codificación predictiva (*predictive coding*), que se originó como una estrategia de compresión de datos (para la transferencia de información) para imágenes y video (Huang & Rao, 2011). Se parte de que es posible predecir el valor de intensidad de un pixel dado el valor de intensidad de los pixeles circundantes. Así, con la codificación diferencial o predictiva, se utilizan las correlaciones entre pixeles para transmitir únicamente *lo que no puede ser predicho*: la diferencia o el *error de predicción*, concepto que adquirirá una gran importancia en las páginas siguientes.

Algunos científicos y filósofos han empezado a explorar si la estrategia básica de la minimización de errores de predicción en una jerarquía de procesamiento puede inspirar

nociones novedosas sobre cómo funciona la mente humana. De esta manera, siguiendo la idea de que un sistema puede predecir componentes de la señal y transmitir a niveles más altos de la jerarquía de procesamiento aquello no predecible o el *error de predicción*, se hicieron avances para desarrollar modelos de codificación predictiva jerárquica para redes neuronales conexionistas.

Estos modelos tienen una serie de características (que aquí solamente menciono pero que se verán con detalle en el desarrollo del texto) que desde entonces han sido transportadas al estudio de la mente humana en un intento de comprender y modelar mejor el procesamiento perceptivo. Éstas son: 1) el procesamiento se da en capas ordenadas jerárquicamente, 2) el uso de conexiones desde abajo (*top-down*) o de retroalimentación (*feedback*) con unidades que tienen como objetivo *generar* (predecir) la señal, 3) el agente está equipado con un modelo generativo probabilístico y 4) lo que se transmite hacia niveles superiores de la jerarquía (*bottom-up*) es el error de predicción, que se define como la diferencia entre la señal predicha y la recibida.

Dos motivaciones que he encontrado y que me parecen importantes para la existencia de estrategias de compresión de datos como la codificación predictiva son: 1) hay redundancias temporales y espaciales presentes en las imágenes (en la sección siguiente veremos qué quiere decir que “haya redundancias”) y 2) hay un límite en la capacidad de los recursos (en los dispositivos) disponibles para transmitir información (por ejemplo, capacidad de almacenamiento). Si los llevamos al ámbito del sistema perceptivo humano, estos dos hechos pueden entenderse de la siguiente manera: 1) hay regularidades temporales y espaciales en el mundo y 2) hay límites temporales y espaciales en los

recursos (por ejemplo, el tiempo en que se debe procesar una gran cantidad de información en el cerebro) que los seres humanos empleamos para percibir en la vida cotidiana.

Con base en estas motivaciones, una de las ideas centrales de esta tesis es que, probablemente, nos valemos de cierta información previamente adquirida (cuya naturaleza se comprenderá mejor en el capítulo 3) sobre estas redundancias y regularidades para tratar de percibir el mundo de manera más eficiente. Así, pongo a consideración un nuevo modelo sobre cómo podría funcionar la percepción: *anclada en nuestra experiencia previa y orientada al futuro*, esto es, útil para la acción (Clark, 2016). A lo largo de esta tesis, me enfocaré en la primera parte de esta afirmación: la percepción vista como una operación anclada en la experiencia previa. Sin embargo, diré poco sobre la idea de *la percepción para la acción*, que es importante para propuestas como la de Clark (2016).

En este capítulo, que es mayormente expositivo, comenzaré por explicar el modelo de la codificación predictiva, que sirve como base para los modelos de procesamiento predictivo. A partir de la idea básica de que es posible predecir componentes de la señal para transmitir lo que no es predicho, surge el mecanismo de *minimización de errores de predicción*. Éste se propone como el mecanismo<sup>6</sup> gracias al cual se podrían implementar las inferencias bayesianas, que permiten cumplir con la tarea de inferir las causas de los estímulos al actualizar la probabilidad de una hipótesis (esta idea se verá con detalle en la sección 1.3) con base en los datos recibidos. Este mecanismo se da en una jerarquía de procesamiento, funcional y anatómicamente delimitada.

---

<sup>6</sup> No es fácil definir con precisión la noción de “mecanismo”, pero me parece que lo que autores como Hohwy (2013) tienen en mente es un mecanismo mental (o neurocognitivo) como los que describe Bechtel (2008).

El objetivo de este capítulo consiste también en mostrar que, para lograr lo anterior, el sistema se apoya en información previamente adquirida. Así “los animales como nosotros, pueden estar ahorrando ancho de banda neural valioso al utilizar lo que ya sabemos para predecir lo más posible de los datos sensoriales presentes” (Clark, 2016, pág. 27). En el segundo capítulo, veremos una de las implicaciones de lo anterior: que aquí la percepción es cognitivamente penetrable.

## 1.2 La codificación predictiva

La codificación predictiva surgió como una estrategia para la compresión y transmisión de datos<sup>7</sup> de imágenes o videos. Estrategias como ésta son útiles ya que hay, por una parte, limitaciones en velocidad y la capacidad de almacenamiento existentes en los dispositivos. Por otra parte, por la cantidad creciente de información que requiere transmitirse (Shi & Sun, 2007). La estrategia de compresión de datos conocida como *codificación predictiva* o *codificación diferencial* consiste en (explicado en términos informales) codificar la diferencia entre una señal y su predicción utilizando correlaciones entre píxeles (Shi & Sun, 2007, pág. 92).

La compresión o reducción de datos es posible gracias a que existen regularidades o redundancias temporales y espaciales en las imágenes y los videos. La noción de “redundancia temporal” hace referencia a la redundancia de un cuadro a otro, en la similitud o correlación de la intensidad en los píxeles entre un marco y otro de un video. Por ejemplo, si estoy viendo un video en donde aparece una caja blanca sobre un fondo gris

---

<sup>7</sup>El concepto de “dato” se utiliza aquí como una noción que se usa para representar información cuantificada (Shi & Sun, 2007, pág. 36).

oscuro, la distribución de intensidad en los píxeles en un cuadro puede usarse para predecir la distribución en el siguiente.

La noción de “redundancia espacial”, por otra parte, hace referencia a una correlación estadística entre los píxeles de una imagen, de manera que el valor (de intensidad) de un píxel puede predecirse con base en los píxeles que están alrededor. Si estoy viendo una imagen de una caja blanca con un fondo gris oscuro y elijo cualquier píxel al azar, es *altamente probable* que tenga el mismo valor de intensidad que los que están a un lado (que también sea blanco si los demás lo son). Estas redundancias a su vez se explican por la tendencia hacia la uniformidad espacial y temporal: los objetos tienen una extensión finita en el espacio y permanecen a través del tiempo (Huang & Rao, 2011).

La idea de que es posible tratar de predecir la naturaleza de la señal antes de recibirla se ha transportado al dominio de la percepción. Muchos autores conservan el término de codificación predictiva, otros hablan de la teoría de *minimización de errores de predicción* (Hohwy J. , 2013) que hace referencia al mecanismo detrás de la inferencia perceptiva (explicado más adelante). También se ha propuesto que el principio de minimización de la energía libre puede explicar que sistemas como el cerebro se estructuren con miras a minimizar los errores de predicción (Friston & Stephan, 2007). Clark (2016, pág. 25) utiliza la noción más amplia de *procesamiento predictivo* para distinguir su propuesta de la estrategia de compresión de datos de la codificación predictiva. En general, utilizaré este último término, a menos que hable de diferencias entre las propuestas específicas.

Dentro de este conjunto de propuestas, como en la estrategia de compresión de datos, se parte de la idea de que hay regularidades en el mundo. Ciertamente, un requisito para que un proceso, suceso, etc. sea predecible, es que debe estar sujeto a regularidades (Bubic, von

Cramon, & Schubotz, 2010). Con respecto a las regularidades que percibimos, éstas se dan a diferente escala de tiempo (Hohwy J. , 2013, pág. 28). Por ejemplo: a una escala rápidamente cambiante, el patrón de iluminación que observo mientras paso mi mirada a lo largo de mi habitación, es aproximadamente el mismo. Pero, en una escala de tiempo mayor, sé (no tiene que ser conscientemente) que hay más luz en mi habitación a ciertas horas del día y en ciertas épocas del año. Adicionalmente, comprender (suficientemente) esa estructura causal es importante para poder actuar exitosamente en el mundo.<sup>8</sup>

Hay una noción que está implícita en lo anterior: un procesamiento más eficiente de la señal proveniente del medio no implica una representación directa y detallada de toda la información, sino que se basa en *cierto tipo* de información previamente adquirida sobre las regularidades existentes en las escenas naturales para transmitir solamente los errores de predicción (Huang & Rao, 2011). Por lo tanto, siguiendo la idea de que hay regularidades en el mundo, accesibles al agente, defiendo que la información previamente adquirida sobre dichas regularidades puede ayudar a informar las inferencias perceptivas. Esto se verá mejor en las secciones siguientes.

### 1.3 Inferencia perceptiva y probabilidad bayesiana

En el procesamiento predictivo, la percepción se ve como una inferencia con vistas a determinar las causas distales de (o las propiedades de los objetos que causan) los

---

<sup>8</sup>Me parece importante distinguir lo siguiente: por una parte, inferir las causas de los estímulos a partir de estos y, por otra parte, inferir que hay relaciones causales entre objetos o la naturaleza de dichas relaciones. Podemos afirmar sin mucho problema que alguien ha realizado inferencias perceptivas, sin decir que ha adquirido el concepto de causa o comprendido en algún sentido si hay “leyes” causales que regulan al mundo. Esto podría ser importante porque significa que no es necesario pronunciarnos en este punto sobre si el contenido de la experiencia incluye exclusivamente propiedades “básicas” o de “alto nivel” (como podría ser el concepto de causa). Sobre este tema véase, por ejemplo, la propuesta de Siegel (2006).

estímulos, donde cada causa posible, puesto de manera simplificada, constituye una hipótesis. Por ello, Clark (2016, pág. 195) sostiene que aquí se trata de una “percepción no-indirecta”: no percibimos directamente una hipótesis como tal, sino el mundo; mientras que éste no es entendido “como es” independientemente de nosotros, sino que está estructurado de acuerdo con nuestra perspectiva y nuestras necesidades.

Intuitivamente, la idea es que la inferencia perceptiva sirve para extraer las regularidades causales del mundo y separarlas del ruido inherente en la señal que recibe el sistema. Por ejemplo, si pensamos en una red neuronal como la de Hinton (2007), que está diseñada para aprender a reconocer letras y números manuscritos, el sistema debe poder separar números o letras de meros garabatos. Un sistema altamente sofisticado, como el cerebro humano, debe haber aprendido a extraer la señal significativa del ruido.

Una manera útil de entender cómo se modela la percepción mediante inferencias bayesianas es haciendo referencia a los tres niveles de Marr (Colombo & Seriès, 2012): computacional, algorítmico y de implementación. El nivel computacional consiste en la tarea de extraer alguna propiedad de la fuente de las entradas (input) a partir de un estímulo ruidoso. El nivel algorítmico corresponde a las reglas por las cuales este problema puede resolverse, *i.e.* mediante inferencias bayesianas. Finalmente, el nivel de la implementación corresponde a los mecanismos (neurocognitivos) que están detrás de los procesos predictivos. El mecanismo de minimización de errores de predicción, que veremos en la siguiente sección, es el mecanismo que se ha propuesto como la implementación de este tipo de inferencias.

La forma en que se modela esta inferencia perceptiva es como una *inferencia probabilística bayesiana*. No hay que olvidar que esta inferencia es *inconsciente*. Ahora ser

verá a qué hacen referencia estos términos: probabilidad posterior, probabilidad condicionada, probabilidad bayesiana. En los modelos de procesamiento predictivo, la hipótesis con mayor probabilidad posterior o probabilidad condicionada a la evidencia, es la que mejor puede *predecir* los estímulos sensoriales (Hohwy J. , 2013, pág. 16). Para llegar a la hipótesis con mayor probabilidad posterior se parte de una probabilidad previa o *prior*. La probabilidad previa es “la distribución de probabilidad  $p(y)$  que define la expectativa de que el ambiente estará en cualquiera de sus posibles estados  $y$ , antes de que cualquier observación esté disponible” (Pellicano & Burr, 2012, pág. 504).

En términos formales, la inferencia bayesiana se puede formular de la siguiente manera. Para conocer la probabilidad condicionada de un evento, dado otro evento  $P(A|B)$ , o bien la probabilidad de una hipótesis, dada la evidencia  $P(h|e)$ , primero debemos conocer la probabilidad incondicionada de cada uno de ellos. Por un lado, tenemos la probabilidad previa de una hipótesis específica  $P(h)$ . Por otro lado, está la probabilidad inversa (*likelihood*) de la evidencia o los datos, dada mi hipótesis  $P(e|h)$ . Finalmente, la probabilidad posterior o probabilidad condicionada es la estimación de la probabilidad de la hipótesis, dada la evidencia  $P(h|e)$ . La manera en que damos cuenta de cómo la probabilidad condicionada resulta de la probabilidad incondicionada de cada evento es gracias al *teorema de Bayes*:

$$P(h|e) = \frac{P(h)P(e|h)}{P(e)}$$

De esta manera “decir que un sistema lleva a cabo una inferencia bayesiana es decir que éste actualiza la probabilidad de que una hipótesis  $H$  sea verdadera, dados ciertos datos  $D$ , al aplicar la regla de Bayes” (Colombo & Seriès, 2012, pág. 699).

En términos del procesamiento predictivo, el teorema de Bayes muestra cómo actualizar las creencias en una hipótesis (por ejemplo, que hay un gato en el tapete) como una función de qué tan bien los datos sensoriales (por ejemplo, el juego de la luz en la retina o, de manera más realista, los juegos de luz que se despliegan como resultado de una exploración activa de la escena) son predichos por la hipótesis (Clark, 2016, pág. 301).

La idea es que el cerebro emplea un modelo generativo (que genera predicciones o hipótesis) que se apoya en el conocimiento previo sobre la estructura estadística del mundo para poder llegar a un estimado de lo que ocurre en él, dada la evidencia sensorial disponible en este momento. Hay dos maneras de entender esta idea: a nivel del agente o a nivel sub-personal. Si se toma la primera perspectiva, se postula una posible explicación de la manera en que *los agentes* perciben, tomando en cuenta la evidencia y la incertidumbre (esto está implícito en el párrafo anterior). Si se toma la segunda perspectiva, la inferencia bayesiana se postularía como un tipo de computación que (según se especula) se implementa en un sistema complejo como el cerebro.<sup>9</sup>

Una cosa es decir que hago, como agente y tomando en cuenta mi información previa, inferencias perceptivas con base en mis creencias previas de una manera que puede ser predicha utilizando la probabilidad bayesiana.<sup>10</sup> Otra cosa es afirmar que la probabilidad bayesiana nos provee de una manera de modelar las computaciones que hace el cerebro, en cada nivel de la jerarquía perceptiva (que podría abarcar, por ejemplo, una población de neuronas), cuando recibe una señal de entrada (input) y actualiza sus parámetros previos (o

---

<sup>9</sup> Más precisamente, como una posible manera de modelar computacionalmente la cognición o la percepción. Esto en oposición a otras opciones para modelar como los nodos en los modelos conexionistas o las reglas de “si-entonces” en un sistema de producción (Jacobs & Kruschke, 2010).

<sup>10</sup> O bien, decir que los resultados de mi desempeño en una tarea perceptiva pueden predecirse utilizando un modelo bayesiano, véase Jacobs y Kruschke (2010).

“hipótesis”) de manera que maximice la probabilidad posterior de obtener dicha señal de entrada (Huang & Rao, 2011, pág. 581).

Considero que hay una tensión en las propuestas aquí citadas, entre estas dos perspectivas. Quizá quienes abogan por algún modelo de procesamiento predictivo como la mejor explicación de la percepción humana podrían defender que ambas cosas son el caso. “Similarmente, sólo podemos entender cómo los cerebros realizan inferencias probabilísticas si entendemos cómo las neuronas pueden realizar [o implementar] los roles funcionales que son dispuestos por algunas formas de la regla de Bayes” (Hohwy J. , 2013, pág. 24). No me propongo resolver esta tensión, por ahora me limitaré a señalarla.

Como puede verse, si la percepción es entendida como una inferencia probabilística bayesiana, entonces estamos tratando con un modelo en donde el sistema dependería, *usualmente*, de *cierto tipo de conocimiento* o información previamente adquirida<sup>11</sup> para generar las hipótesis que se verán contrastadas con la evidencia y evaluarlas según su probabilidad. Me interesa resaltar la idea de que el sujeto se apoya *usualmente* en su conocimiento previo, ya que podría entenderse que quiero defender una tesis más fuerte: que, sin dicho conocimiento previo, no puede darse la inferencia perceptiva. Esto es, que el sujeto *necesariamente* se apoya en dicho conocimiento previo. Esto sería un problema porque, ¿cómo podríamos empezar a obtener información mediante inferencias perceptivas si éstas a su vez requieren que tengamos información previa? En realidad, lo único que

---

<sup>11</sup> Como ya he mencionado anteriormente, he tomado una noción un tanto laxa de “conocimiento”, ya que mi interés no está tanto en cuestiones epistemológicas, sino en este tipo particular de penetrabilidad cognitiva de la percepción y lo que esto podría querer decir para nuestra forma de entender la mente. Hubiera querido usar el término “hyperpriors” (probabilidades previas sobre probabilidades previas), pero prefiero evitarlo porque se usa de maneras divergentes en la literatura sobre procesamiento predictivo.

quiero decir es que plausiblemente el sujeto se apoya constantemente en su experiencia previa para dar cuenta del mundo exterior con base en la evidencia sensorial disponible.

En efecto, no parece ocurrir que cada vez que nos enfrentemos a una escena sea necesario generar nuevas probabilidades previas (*prior*) para intentar dar cuenta de ella, más bien, se podría decir que contamos con un conjunto de creencias (información previamente adquirida, dada a nivel sub-personal, que puede hacerse consciente) que podemos emplear para este propósito cuando se requiera (Clark, 2013, pág. 8). Es importante resaltar lo siguiente: en el marco del procesamiento predictivo, el término de “creencia” se usa sobre todo para hablar de las partes del modelo generativo probabilístico que constituyen las probabilidades previas, sub-personales y que no necesariamente son accesibles conscientemente; se expresan más bien en términos probabilísticos y no proposicionales (Clark, 2016, pág. 55).

Esta manera de entender a la percepción tiene las siguientes implicaciones: 1) que está, dicho brevemente, “basada en la información”<sup>12</sup>; 2) que depende de que haya *regularidades* en el mundo, rastreables por el agente; 3) que lo más eficiente es que el agente utilice su conocimiento de dichas regularidades para generar predicciones y expectativas que se obtienen gracias a un proceso de entrenamiento y aprendizaje y se sigue de lo anterior (y lo defenderé en el siguiente capítulo) 4) que aquí la percepción es *cognitivamente penetrable* en el sentido de que depende (en el sentido que veremos en el capítulo 2 de que, si no tuviéramos expectativas o tuviéramos *otras*, tendríamos otra experiencia perceptiva) de las creencias y de las expectativas previas.

---

<sup>12</sup> Las teorías de la percepción “basadas en la información” son el blanco de ataque de Pylyshyn (1999), quien defiende que, aunque parezca que nuestras creencias influyen en la percepción, en realidad influyen en algún momento anterior o posterior al procesamiento perceptivo propiamente dicho.

Una inquietud que lo anterior debería suscitar es: ¿cómo, en primer lugar, llego a tener un “modelo del mundo” con base en el cual pueda generar predicciones? Además, ¿cómo puedo saber si dicho modelo del mundo es preciso, en el sentido de que es útil para la acción? Esta inquietud será abordada de lleno en el capítulo 3, pero por lo pronto podemos recordar que “las expectativas previas están basadas en el modelo del mundo que tiene el agente, el cual está en parte integrado en la estructura de circuitos neuronales y en parte derivado de regularidades estadísticas en los inputs sensoriales que el agente experimenta a lo largo de su vida” (den Ouden, Kok, & de Lange, 2012, pág. 2).

#### **1.4 Minimización y calibración de errores de predicción**

El error de predicción es la diferencia entre las predicciones y la información recibida.<sup>13</sup> Hay tres tipos de errores de predicción (den Ouden, Kok, & de Lange, 2012): cognitivos y perceptivos, por una parte y, por otra parte, motivacionales. Los errores de predicción cognitivos y perceptivos únicamente reportan el grado de diferencia, desviación o sorpresa con respecto a la señal esperada, mientras que los motivacionales tienen lo que se conoce como valencia, esto es, no solamente si el resultado se desvía de lo esperado, sino si es más o menos deseable. Un ejemplo de errores de predicción del segundo tipo es cuando espero obtener una recompensa al realizar una tarea y no la obtengo. En adelante, cuando hable de errores de predicción, me referiré a los perceptivos a menos que indique lo contrario.

De acuerdo con las teorías que estamos examinando, tenemos uno o varios modelos, a partir de los cuales se generan hipótesis, en donde la hipótesis con mayor probabilidad

---

<sup>13</sup> Ésta es la expresión informal de la noción de error de predicción (den Ouden, Kok, & de Lange, 2012, pág. 2). Para una formulación en términos del principio de *energía libre* véase (Friston & Stephan, 2007). Por su parte, Hohwy (2013, págs. 56-57) describe formalmente a un sistema que reduce el error de predicción como uno que aumenta la *información mutua*.

posterior es a la vez aquella que conlleva a una minimización del error de predicción más óptima que otras hipótesis, cuando es comparada con la señal de entrada (*input*). En efecto, en el procesamiento predictivo, representar exitosamente al mundo (de manera útil para la acción) depende de que podamos minimizar en lo posible el error de predicción (Clark, 2013, pág. 7). Los modelos y las hipótesis *se revisan* con base en el error de predicción:

La revisión de hipótesis guiada por las señales de error de predicción moldea los priors y se asegura de que no simplemente vea lo que predigo y prediga lo que veo: la razón es que el error de predicción es una medida correctiva objetiva causada por los objetos en el mundo, la cual moldea la inferencia. En otras palabras, mis predicciones siempre están matizadas por la evidencia sensorial (Hohwy J. , 2013, pág. 45).

Lo anterior tiene sentido si recordamos que la percepción se da como una inferencia probabilística bayesiana. En este marco teórico se hace explícito el papel de la evidencia para actualizar la probabilidad de la hipótesis (Vance, 2015). Además, con base en la experiencia previa, se obtiene (por una aproximación iterativa) el modelo que contenga a las hipótesis más precisas sobre los estados del mundo (Hohwy J. , 2013, pág. 50).

De esta manera, en el marco del procesamiento predictivo se cambia la concepción de la señal sensorial para entenderla como una retroalimentación a nuestro modelo del mundo (Hohwy J. , 2013, pág. 49). Cabe preguntarse ¿cómo podemos, a partir de esto, obtener las representaciones detalladas, variadas y ricas en información que parecen ser el resultado de la percepción? Ésta es una cuestión que, hasta donde alcanzo a ver, ha sido poco explorada en el marco del procesamiento predictivo. Hablaré más al respecto en el capítulo 2.

Si representar al mundo y actuar exitosamente en él implica obtener el modelo o hipótesis que minimice los errores de predicción, ¿cómo se logra esto? Una forma de

hacerlo es, con base en la retroalimentación que se obtiene del mundo, cambiar el modelo o la hipótesis y llegar por una aproximación a mejores modelos: “este acercamiento iterativo hacia modelos más precisos asegura que la inferencia perceptiva no caiga en el círculo explicativo amenazante en donde las expectativas previas guían la inferencia perceptiva y la inferencia perceptiva a su vez guía la formación de priors” (Hohwy J. , 2013, pág. 45).

La teoría de minimización de errores de predicción y el modelo del procesamiento predictivo incorporan otra herramienta que permite constreñir las hipótesis sobre las causas posibles de los estímulos y definir la relación entre el flujo de información desde arriba (*top-down*) o de retroalimentación y desde abajo (*bottom-up*) (definiré estos dos conceptos en la siguiente sección). Se teoriza que el sistema mide y ajusta constantemente sus *expectativas de precisión*. Ésta es una medida de la fiabilidad de la señal, qué tan confiable se espera que sea la información proveniente del exterior. Esto quiere decir que el sistema ha aprendido a predecir ciertos niveles de precisión de acuerdo con el contexto (Hohwy J. , 2013, pág. 65).

En términos del procesamiento predictivo, lo anterior se implementa mediante la ponderación de precisión (*precision-weighting*)<sup>14</sup>. Este mecanismo es esencialmente *atencional*, lo cual, explicado brevemente, significa que para estos autores el papel de la atención consiste en otorgar más peso a algún flujo de información, ya sea a las entradas sensoriales o a las creencias previas. Si el sistema espera que la señal sea poco confiable, se

---

<sup>14</sup> El “peso” es una medida de la intensidad de la conexión entre unidades en una red neuronal, éste es uno de los conceptos conexionistas que se incorpora en el procesamiento predictivo. Estas redes están constituidas de unidades interconectadas: en su versión más simple, una capa de unidades de entrada (input), otra de unidades de output y una intermedia de unidades ocultas. La medida de la conexión entre dichas unidades se llama peso (*weight*) (Garson, 2015). Otros de los conceptos conexionistas que se integran a los modelos relacionados con el *predictive coding* son: eliminar la necesidad de un control o ejecutivo central, el procesamiento distribuido y un énfasis en la dependencia del contexto (Engel, Fries, & Singer, 2001).

le da un menor *peso* a los errores de predicción que surjan en ese contexto. Con el tiempo, el sistema habrá detectado regularidades con respecto los contextos en los que la señal es más confiable (Hohwy J. , 2013, pág. 62). La idea crucial es que cuando se espera que la señal sea menos confiable, se le otorga un mayor peso a las creencias previas y a las predicciones transmitidas *desde arriba* que a los errores de predicción.

Por ahora no es necesario entrar en los detalles técnicos de la posible implementación del mecanismo (que esencialmente consiste a la vez en una supresión y un realce de la señal, según sea necesario (Clark, 2016, pág. 60)), pero diré que daría sustento a la siguiente intuición: cuando nos encontramos en un contexto donde la incertidumbre es grande y esperamos que la información proveniente del contexto sea poco fiable dependemos más de nuestras creencias previas para generar una o varias hipótesis de las posibles causas del estímulo. Por ejemplo: “manejando en un camino bien conocido entre una espesa niebla, puede a veces ser prudente dejar que nuestro conocimiento *top-down* detallado juegue un rol sustancial” (Clark, 2016, pág. 57). Ésta es, de hecho, la noción de penetrabilidad cognitiva propuesta por Hohwy (2013) y se verá con más detalle en el capítulo siguiente.

### **1.5 Procesamiento perceptivo en una jerarquía**

La inferencia perceptiva de la que he hablado en párrafos anteriores, implementada gracias al mecanismo de minimización de errores de predicción, se da en una jerarquía de procesamiento, tanto funcional como anatómicamente delimitada (Hohwy J. , 2013, pág. 24). Para comenzar a delinear mejor la idea de una jerarquía en el procesamiento predictivo, partamos de lo siguiente: las predicciones se definen como influencias de arriba

abajo (*top-down*) en el procesamiento sensorial y motor, que no están determinadas o impulsadas por el estímulo, sino que se derivan de la experiencia previa; en el cerebro “se comparan” constantemente las predicciones con las señales del medio (Engel, Fries, & Singer, 2001, pág. 704).<sup>15</sup>

Ahora, ¿qué quiere decir que haya información transmitida de arriba abajo (*top-down*) y de abajo arriba (*bottom-up*)? Existen varios comunes denominadores que constituyen a las definiciones de “arriba abajo” y “abajo arriba” (Rauss & Pourtois, 2013): i) la información es procesada en una jerarquía; ii) la información más detallada está representada en los niveles inferiores, mientras que la información más integrada (o más abstracta) está representada en niveles superiores y iii) la información se intercambia entre los niveles de manera bidireccional.

En términos del procesamiento predictivo esto puede entenderse de la siguiente manera: hay un intercambio bidireccional de información gracias al cual se reconcilian las expectativas previas o las predicciones, generadas de manera interna, con la información proveniente de momentos más tempranos en el procesamiento perceptivo (Rauss & Pourtois, 2013, pág. 4). La tarea de conciliar las hipótesis o predicciones con los datos provenientes de los sentidos se realizaría mediante la inferencia bayesiana (recordar la alusión a los tres niveles de Marr, en la sección 1.3). Una manera de ilustrar esta idea es la siguiente:

Dentro de la jerarquía de procesamiento visual, las predicciones conciernen primariamente ‘divisas’ visuales tales como orientación y contraste y, por lo tanto, los errores de predicción

---

<sup>15</sup> Hablar únicamente de señales que fluyen hacia abajo en una jerarquía de procesamiento sensorial de un nivel al nivel inferior, es una simplificación, ya que la información también se intercambia lateralmente, entre niveles (Clark, 2016, pág. 308).

reflejarán sorpresa sobre orientación y contraste. Estos errores de predicción se filtran hacia arriba y se integran en mensajes enviados a áreas superiores en donde las predicciones atañen a, por ejemplo, caras y casas y, así, los errores de predicción reflejarán sorpresa sobre casas y caras (den Ouden, Kok, & de Lange, 2012, pág. 6).

Ésta es una ilustración de cómo podría estar configurada una jerarquía de procesamiento sensorial. En niveles más altos de una jerarquía como la que proponen estos autores, se procesa la información más integrada o abstracta. Ahora bien, en esta línea, Lee y Mumford (2003) proponen un modelo jerárquico bayesiano para el procesamiento visual. Aquí  $x_o$  representa la información de entrada (input) visual presente (que proviene del núcleo lateral geniculado, el nivel más temprano en esta jerarquía),  $x_l$  representa a las variables ocultas que deben ser inferidas (procesadas en V1) y  $x_h$  hace referencia a la información de alto nivel sobre el contexto (proveniente de V2, el nivel más tardío en esta jerarquía). Un modelo probabilístico de cómo se relacionan las tres variables se daría en estos términos:

$$P(x_l|x_o, x_h) = \frac{P(x_o|x_l, x_h)P(x_l|x_h)}{P(x_o|x_h)}$$

Esto quiere decir que la probabilidad de las variables ocultas (las causas de la entrada), dadas las entradas presente (las observaciones) y la información previa (o hipótesis) es igual a la probabilidad condicionada de la entrada actual, dadas las variables ocultas y la hipótesis, por la probabilidad de las variables ocultas, dada la hipótesis. El término de abajo se utiliza como factor “normalizador”, esto es, para que la probabilidad posterior sea de 0 a 1, requisito para que se considere una distribución de probabilidad.

En esta jerarquía de procesamiento sensorial el área de V1 se considera un *buffer* o integrador de la información, en donde se busca la estimación que maximice  $P(x_l|x_o, x_h)$ ,

esto es, la estimación que nos lleve a la mayor probabilidad posterior de las causas de la entrada sensorial, dados tanto las observaciones presentes como la hipótesis proveniente de un nivel más alto de la jerarquía. Esencialmente, la idea es que la inferencia realizada en cada área está constreñida por la información que proviene de abajo arriba y también por la hipótesis transmitida de arriba abajo. El ejemplo utilizado por Lee y Mumford es el siguiente: dada la entrada sensorial (input) de una cara, la información proveniente desde debajo de la jerarquía (con mayor riqueza de detalle, pero poca integración) da lugar a la hipótesis de una cara, la cual a su vez constriñe el procesamiento al proveer las probabilidades previas relevantes.

Lo cierto es que en la práctica no es sencillo establecer una jerarquía clara y bien definida de procesamiento sensorial, ya sea con base en distinciones anatómicas o funcionales; de hecho, es más plausible que el sistema use diferentes jerarquías definidas de manera más o menos flexible para diferentes tareas (Rauss & Pourtois, 2013). En efecto, hay quienes objetan que no es preciso hablar de que, por ejemplo, el sistema visual tenga una parte “superior” (Barlow, 1997).

Sin embargo, es posible adoptar una manera flexible de definir una jerarquía de procesamiento perceptivo (Rauss & Pourtois, 2013, pág. 2). En esta dirección, la arquitectura propuesta para el procesamiento predictivo combina dos elementos de organización neuronal: diferenciación funcional e integración (Clark, 2016, pág. 142). Esto quiere decir que ciertas regiones o sub-poblaciones neuronales están relativamente especializadas para algunas tareas y que están a la vez integradas con otras regiones de una manera que permite la formación de ensamblajes momentáneos. Dicho con una analogía: es como si las estructuras neuronales formaran equipos para resolver problemas, donde

algunas de las alineaciones se mantendrán por más tiempo. Esta organización depende de la tarea en cuestión y, en el marco del procesamiento predictivo, se moldea de acuerdo con las expectativas de precisión. Esta organización, a su vez, es dada por los patrones de conectividad efectiva. Ésta es una noción que, a diferencia de, por ejemplo, la conectividad anatómica de áreas cerebrales, hace referencia a la influencia causal de la actividad de un sistema o área en otro y busca dar cuenta de una relación dinámica entre áreas (Henson & Gagnepain, 2010, pág. 1324; Clark, 2016, pág. 143; Anderson, 2010).

## 1.6 Conclusión

En este capítulo expuse algunas de las ideas más importantes que constituyen las propuestas clasificadas con el término de *procesamiento predictivo*. En primer lugar que, dada la existencia de regularidades en la señal recibida, podemos aplicar la idea básica detrás de la codificación predictiva para tratar de entender cómo funciona la percepción: que lo que se transmite es la diferencia entre lo predicho y lo recibido. En segundo lugar, que la percepción puede verse como una inferencia probabilística bayesiana que ocurre en una jerarquía definida flexiblemente. En tercer lugar, que el sistema constantemente evalúa qué tan confiable es la señal para “decidir” si dar mayor peso a los errores de predicción o a las creencias previas para determinar la inferencia perceptiva.

Además, vimos que, en la percepción entendida como inferencia bayesiana, el sujeto ha de apoyarse en sus creencias previas para generar hipótesis y asignar probabilidades. Plausiblemente, el aprendizaje que logramos a lo largo de nuestras vidas puede ayudar para hacer inferencias más confiables y procesar la información de manera más eficiente. En esencia gracias a estos modelos,

“la línea entre predecir el presente y predecir el futuro muy cercano es una línea que simplemente se desvanece una vez que vemos al percepto mismo como un constructo movido por la predicción, que siempre está anclado en el pasado (conocimiento sistemático) y anticipando, a múltiples escalas temporales y espaciales, el futuro” (Clark, 2016, pág. 18).

En el siguiente capítulo explicaré con detalle una de las implicaciones que tiene aceptar modelos como el que está bajo consideración en este trabajo. Esto es, la idea de que la percepción puede estar influida por nuestras expectativas, deseos y creencias previas.

## Capítulo 2

### Penetrabilidad cognitiva de la percepción

#### 2.1 Introducción

En el capítulo anterior expuse algunos de los elementos más importantes de las propuestas de procesamiento predictivo para modelar la percepción. En particular, que aquí la percepción se entiende como una inferencia probabilística bayesiana, lo cual quiere decir que se necesita la asignación de probabilidades previas y en esto el sistema, usualmente, se apoyaría en su conocimiento previo.<sup>16</sup> En el capítulo anterior también está presente la idea de que, en las propuestas de procesamiento predictivo, se teoriza que el sistema mide constantemente la confianza que tiene en la señal que recibe y, si dicha confianza es baja, otorga mayor peso a su conocimiento previo. Estos dos elementos, el papel de las predicciones para determinar la experiencia perceptiva y las expectativas de la confianza que tiene el sistema en la señal que recibe, conducen a la cuestión de si en estos modelos la percepción se concibe como *cognitivamente penetrable*.

En filosofía y en ciencias cognitivas, quien acepta que la percepción está influenciada por nuestras creencias, expectativas, deseos, etc., está a favor de una u otra tesis de *penetrabilidad cognitiva de la percepción*. La discusión en torno a la penetrabilidad cognitiva de la percepción surgió en el contexto de una serie de debates entre Churchland, Fodor y Pylyshyn. A ellos les interesaba, entre otras cosas, argumentar a favor (Fodor, 1984) o en contra (Churchland, 1988) de la posibilidad de un consenso en ciencias, con

---

<sup>16</sup> Hay que mencionar que la revisión que hace Pylyshyn (1999) sobre lo que él llama *la visión basada en conocimiento* muestra que, lejos de ser reciente, la idea de que la percepción es un tipo de inferencia y/o que requiere de cierto grado de conocimiento, estaba presente en psicología y filosofía desde hace mucho tiempo.

base en observaciones teóricamente neutrales. Otra de las motivaciones de Fodor consistía en argumentar a favor de módulos informacionalmente encapsulados es decir, que las operaciones que se llevan a cabo en ellos no requieren del aporte (input) de otros módulos (Stokes, 2013, pág. 653). Por otra parte, la motivación de Pylyshyn (1999) para definir funcionalmente la visión temprana y defender la impenetrabilidad cognitiva de la misma consistió en distinguir las operaciones cognitivas (que son flexibles) de la arquitectura biológica bien establecida y las operaciones estereotípicas (automáticas, no flexibles) de los sistemas perceptivos (Stokes, 2013, pág. 649).

Aunque la discusión actual sobre penetrabilidad cognitiva de la percepción proviene del trabajo de estos autores, las motivaciones no son exactamente las mismas. Una de ellas ciertamente concierne la naturaleza de la arquitectura mental: si es el caso que hay una influencia de la cognición en la percepción, ¿esto presenta una amenaza a la idea general de que hay módulos mentales? Otra es de naturaleza epistemológica: ¿cómo podemos garantizar que la percepción nos da bases para nuestras creencias si éstas a su vez influyen en la percepción? (Jenkin & Siegel, 2015; Stokes, 2013). Las motivaciones detrás del presente trabajo radican más bien en exponer la propuesta de penetrabilidad cognitiva en el procesamiento predictivo para posteriormente explorar, dentro de este conjunto de modelos, si hay un papel para la memoria en la relación de la cognición con la percepción. De esta manera, también podremos vislumbrar tanto las innovaciones como los alcances y limitaciones de los modelos de procesamiento predictivo.

Hemos visto que la percepción es concebida como una inferencia probabilística bayesiana, en donde el sistema se apoya en sus creencias (*i.e.*, información previamente adquirida) para poder inferir las posibles causas de los estímulos y, así, la estructura de la

fuente de las entradas sensoriales presentes.<sup>17</sup> Se sigue que “la percepción aquí se vuelve ‘cargada de teoría’ por lo menos en un (muy específico) sentido: lo que percibimos depende fuertemente del conjunto de priors (incluyendo hyperpriors relevantes) que el cerebro trae a cuenta en su mejor intento para tratar de predecir la señal sensorial actual” (Clark, 2013, pág. 7). Por lo anterior, surge la siguiente interrogante: ¿qué quiere decir que la percepción, en este marco, esté “cargada de teoría”?

Para comenzar a entender lo anterior mi propósito en este capítulo es, primero, dar un panorama de la discusión sobre penetrabilidad cognitiva de la percepción. Para ello hablaré de cuáles son algunos de los requisitos que se han propuesto para poder decir que hay penetrabilidad cognitiva de la percepción y las posibles definiciones de penetrabilidad cognitiva, fuera del procesamiento predictivo.

Esto es importante porque estas definiciones están relacionadas con ciertas maneras de entender la percepción y su relación con la cognición, por ejemplo, que los estados cognitivos y perceptivos tienen diferentes representaciones en términos de su estructura y por lo mismo los primeros no pueden tener una influencia interna (relevante) en los segundos (Burnston, 2016). Es en contraste con este trasfondo que podemos estudiar el tipo de relación que se propone entre percepción y cognición en el procesamiento predictivo. Además, es útil ocupar algo de espacio analizando estas definiciones sobre penetrabilidad

---

<sup>17</sup> Vale la pena mencionar otra manera de entender la percepción: los procesos perceptivos son funciones individuales que toman como entrada la información transducida y dan como output una representación estructurada que puede mapearse con el referente (Burnston, 2016). Aquí, en la percepción se realizan procesos *abductivos* en lugar de inferencias probabilísticas bayesianas. Ésta podría ser una alternativa interesante a la definición de percepción que se maneja en el presente trabajo y que me parece *prima facie* compatible con *predictive coding*.

cognitiva, ya que aquellas que han sido propuestas para el procesamiento predictivo me parecen insuficientemente detalladas.

Así, situaré dentro de un contexto más amplio las propuestas de Hohwy (2013), Lupyan (2015) y Clark (2016) con respecto a la penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo. Después, analizaré con cierto detalle dichas propuestas y propondré una nueva hipótesis sobre la penetrabilidad cognitiva de la percepción que, según defenderé, se sigue de los elementos básicos del procesamiento predictivo, aunque no sea reconocida explícitamente y que tiene algunas implicaciones interesantes. En el tercer capítulo analizaré con detalle una de estas implicaciones en particular, en lo que respecta al posible papel de la memoria para influir en la percepción.

## **2.2 La interface cognición-percepción**

En varios lugares se ha propuesto que si se acepta la idea del procesamiento predictivo, la distinción entre cognición y percepción se vuelve poco clara (Lupyan, 2015; Machperson, 2015) o bien, que es de entrada una distinción que no se puede trazar tajantemente, aunque sea útil para teorizar en filosofía de la mente (Stokes, 2013; Macpherson, 2012). Estoy de acuerdo con estas ideas, pero creo que hay una diferencia (por lo menos intuitiva) entre estados perceptivos y estados cognitivos. Aun si esta diferencia no se puede trazar con total precisión, es posible situar algunos casos de un lado u otro de la línea entre cognición y percepción. Por ejemplo, mientras percibo las teclas de la computadora frente a mí, estoy a la vez pensando en mis compromisos pendientes para mañana. Estos dos estados mentales parecen intuitivamente distintos, aunque, al tratar de precisar exactamente por qué,

comienzan a surgir complicaciones cuya posible solución está más allá de los alcances de este trabajo.

Algunos criterios que se han ofrecido para distinguir la percepción de la cognición son: por su función (por ejemplo, que la función de la percepción es proveernos de información sobre nuestro ambiente o situación presente) o fenomenología (Stokes, 2013) y por la forma intrínseca de sus representaciones. Con respecto a este segundo criterio, la *distinción de la forma*, a la que alude Burnston, consiste *grosso modo* en que las representaciones propias de la percepción tienen una estructura que es referencialmente relevante, esto es, son isomorfas con respecto a sus referentes (Burnston, 2016, pág. 4). Dicho de manera más simplificada: los estados perceptivos serían “como imágenes” y los estados cognitivos serían proposicionales.

En el procesamiento predictivo ésta se presenta primordialmente como una diferencia de grado<sup>18</sup>:

“parece que la diferencia entre perceptos y conceptos se da en términos de un movimiento gradual de la variancia a la invariancia, vía escalas espaciotemporales de regularidades causales. No hay, de esta manera, una diferencia categorial entre ellos; los perceptos se mantienen en modelos internos ricos en detalle con un horizonte de predicción corto y los conceptos se mantienen en modelos más pobres en detalle con horizontes de predicción más largos” (Hohwy J., 2013, pág. 72)

Como señala Macpherson (2015), dependiendo de la descripción de estas expectativas, será la robustez de la tesis de penetrabilidad cognitiva que se siga de los presupuestos del procesamiento predictivo, esto es, si debe aceptarse que la cognición influye siempre en la

---

<sup>18</sup> Esta propuesta está en contraste con quienes, como Block, piensan que hay una distinción en la naturaleza (*joint in nature*) entre conceptos y perceptos (Block, 2014).

percepción, a veces, o nunca. Ésta es una cuestión a la que regresaré más adelante. Por ahora, basta con aceptar la idea de que sí hay una distinción entre percepción y cognición en el procesamiento predictivo y que ésta no es sino una diferencia de grado.

Cabe preguntarse si esto quiere decir que *siempre* hay conceptos operando en la percepción. La respuesta depende, por supuesto, de lo que entendamos por “conceptos”, pero ésta es una cuestión que desafortunadamente no puedo intentar resolver aquí. Será necesario en un futuro determinar con mucho más detalle cuál es la naturaleza del contenido de la experiencia si aceptamos los modelos de procesamiento predictivo.

### **2.3 Requisitos para la penetrabilidad cognitiva de la percepción**

Se han propuesto varias definiciones de penetrabilidad cognitiva de la percepción y varios requisitos que deberían cumplirse para poder defender que la percepción es cognitivamente penetrable. El primero es el requisito de causalidad (**RC**) y consiste en que el estado cognitivo C tenga una influencia causal en la experiencia perceptiva E. Es probablemente el menos problemático y más ampliamente aceptado, sin embargo, por sí mismo no es considerado suficiente. Si así fuera, podrían contar como casos de penetrabilidad cognitiva de la percepción los que cita Macpherson (2012); por ejemplo, que creo que los alienígenas invadirán la tierra, lo cual causa que me duela la cabeza, lo cual causa manchas de color en mi visión. Casos como éste no se considerarían casos de penetrabilidad cognitiva, aunque cumplan con el requisito de causalidad. Esto es así porque mi creencia sobre alienígenas que invadirán la Tierra no tiene ninguna relevancia para el contenido de mi percepción cuando veo unas manchas a causa del dolor de cabeza.

Para excluir casos como el que acabamos de ver, se postula el requisito de *coherencia semántica*: si las creencias de un sujeto han de poder penetrar la percepción, debe haber una conexión *relevante* entre el contenido de las creencias y el contenido de la percepción. Hay varias maneras de entender este requisito (Stokes, 2013, págs. 648-649; Burnston, 2016, pág. 7). Una de ellas es: basta con que el contenido del estado cognitivo C esté relacionado con E *inteligiblemente*, de manera relevante, sin necesidad de que la relación sea lógica. Por ejemplo, si tengo una creencia (la que penetra mi experiencia perceptiva) sobre el color, forma, etc., de las manzanas, el contenido de mi experiencia debe poder relacionarse con hechos categóricos sobre las manzanas (Burnston, 2016, pág. 7; Stokes, 2013, pág. 649).

De esta manera, Stokes (2013) y Macpherson (2012) probablemente tienen en mente este tipo de relación entre la percepción y la cognición: la influencia es causal y de coherencia en sentido débil. Para evitar confusiones, podemos llamarle a esta versión del requisito de coherencia el requisito de *relevancia (RR)*. Otra forma de clarificar este requisito es como un contrafáctico: si no tuviéramos el estado cognitivo C (o si fuera otro), no tendríamos el estado perceptivo E (tendríamos una experiencia diferente) (Vance, 2015).

La otra manera de entender el requisito de coherencia semántica es lo que probablemente tiene en mente Pylyshyn (1999) y es el tipo de influencia que afirma que no pueden tener los estados cognitivos en la visión temprana. De acuerdo con Pylyshyn (o por lo menos una posible interpretación de su propuesta, véase el texto de Stokes (2013, pág. 648)), la relación entre el estado perceptivo E y el estado cognitivo C debería ser *lógica*, esto es, tal que permita hacer inferencias con valor de verdad y ambos tengan aproximadamente el mismo contenido. Esto es lo que Burnston llama *requisito de computación*: “la modificación de un proceso perceptivo *P* por una influencia causal de un

estado cognitivo  $S$  se da por una computación sobre el contenido de  $S$ ” (Burnston, 2016, pág. 7). Ésta es la versión fuerte del requisito de coherencia semántica y no es el tipo de relación que buscamos para la penetrabilidad cognitiva en el procesamiento perceptivo.

Un último requisito es propuesto por Hohwy, aunque él no entra en detalles al respecto. Lo llamaré el *requisito de la adecuación* de las predicciones (**RAP**): “para que cualquier estado de alto nivel en la jerarquía perceptiva penetre cognitivamente o, como prefiero decirlo, elimine al explicar [*explain away*] el error de predicción que viene desde abajo, debe ser capaz de predecir con la fineza espaciotemporal correcta” (Howhy, 2013, pág. 127). Es decir, algunas creencias previas pueden ser demasiado generales y estar en el lado invariante del espectro (recordar las regularidades variables e invariables en el mundo y en la percepción) como para afectar la percepción variante y detallada del momento.

Esto se verá mejor más adelante, pero intuitivamente el punto aquí es que a veces cierto conocimiento más o menos general (por ejemplo, no puede haber una persona con brazos de tres metros) que estaría en la parte más alta de la jerarquía, no permea hasta los niveles más bajos y por eso percibimos cosas que sabemos, a nivel personal, que son imposibles (una persona con un brazo de tres metros, por una ilusión óptica (Lupyan, 2015, pág. 559)).

En resumen, tenemos los siguientes requisitos. El requisito de causalidad (RC) nos dice que el estado cognitivo  $C$  debe causar la experiencia  $E$ . El requisito de relevancia (RR) es una versión débil del requisito de coherencia semántica y nos dice que la relación entre  $C$  y  $E$  debe ser inteligible, dicho de alguna manera, “ser sobre lo mismo”. Finalmente, el requisito de adecuación de las predicciones (RAP) nos dice que las predicciones deben

tener la fineza espaciotemporal adecuada para moderar la señal que viene desde debajo de la jerarquía y así influir en la experiencia perceptiva.

Con base en lo anterior, podemos distinguir las siguientes definiciones de penetrabilidad cognitiva de la percepción:

- a) Como una relación de coherencia semántica entre C y E, que permite hacer inferencias y en donde C y E tienen aproximadamente el mismo contenido. La influencia debe ser *interna* y C debe determinar E, en el sentido expresado por el requisito de computación. Éste es el tipo de influencia que, de acuerdo con Pylyshyn y Burnston, no pueden tener los estados cognitivos en los perceptivos.
- b) Como una dependencia causal en donde E depende de C, siempre y cuando esta dependencia sea relevante, pero no en el sentido fuerte expresado por el requisito de computación. La influencia puede ser indirecta. La dependencia se puede entender de esta manera: sin el estado C, no tendríamos el estado E, o éste sería distinto.

## 2.4 Escala de tiempo

Si se acepta que la percepción es cognitivamente penetrable, todavía queda la cuestión de cuál es el alcance de la influencia que tienen las creencias, deseos, etc., en la experiencia perceptiva. Además, es importante conocer cuál es la escala de tiempo en que opera dicha influencia. En el primer caso, podemos distinguir las siguientes etapas (Macpherson, 2012): 1) en el procesamiento sensorial temprano, 2) En los estados pre-conscientes o bien en los estados inconscientes después de la visión temprana y 3) en la experiencia perceptiva consciente. Como ya he dicho anteriormente, aquí asumo que lo que está en cuestión es la penetrabilidad cognitiva de la experiencia perceptiva. Sin embargo, de los presupuestos del

procesamiento predictivo se sigue que la influencia de las percepciones debe llegar hasta los momentos más tempranos del procesamiento sensorial.

Con respecto a la escala de tiempo en que opera la influencia de los estados perceptivos en los estados cognitivos, cuando se habla de penetrabilidad *sincrónica* cognitiva de la percepción, quiere decir que un estado cognitivo del sujeto tiene una influencia en un estado perceptivo *en ese momento*. Cuando se defiende la penetrabilidad *diacrónica* de la percepción se hace referencia a una influencia de los estados cognitivos del sujeto en sus estados perceptivos, en donde dicha influencia se hace notar tras un periodo más o menos largo de tiempo. Churchland (1988) recurre a este tipo de penetrabilidad para argumentar, en contra de Fodor, que no hay observaciones teóricamente neutrales.

Un ejemplo de este tipo de influencia es presentado por McCauley y Henrich (2006) quienes defienden, en contra de Fodor, que la persistencia de la ilusión de Müller-Lyer no es evidencia de la impenetrabilidad de la percepción. El aprendizaje puede influir de manera *diacrónica* en el grado de susceptibilidad de la gente a dicha ilusión. La evidencia citada por McCauley y Henrich descansa en un estudio publicado en los años sesenta (Segall, Campbell, & Herskovits, 1966) en donde la susceptibilidad a varias ilusiones ópticas, entre ellas la de Müller-Lyer, se midió a través de culturas diversas. El hecho de que la susceptibilidad varíe considerablemente a través de los grupos que fueron objeto de estudio, de acuerdo con los autores, significa que en este caso el aprendizaje tiene una influencia *diacrónica* en la percepción. Una explicación alternativa es que el sistema adopta la hipótesis de que se trata de dos líneas de diferente tamaño ya que ésta es la que mejor da cuenta del patrón de estimulación sensorial, lleva a una minimización óptima de los errores de predicción globales (Clark, 2016, pág. 200).

Quizá nos encontremos con que esta diferencia no es tan nítida después de todo. En efecto, se puede argumentar que, si el aprendizaje puede moldear nuestra percepción a lo largo del tiempo, entonces al elegir un momento específico de nuestra experiencia perceptiva, ésta seguramente estará influenciada por dicho aprendizaje. Lo que es crucial aquí es que, si queremos defender una tesis de penetrabilidad cognitiva de la percepción, esta influencia no puede explicarse como la influencia de sistemas perceptivos en otros sistemas perceptivos o como una “recalibración” del sistema perceptivo (Stokes, 2013).

## **2.5 La distinción de la forma en el procesamiento predictivo**

Vale la pena detenernos un poco en la distinción de la forma y lo que podría querer decir para la penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo. De acuerdo con Burnston (2016), los estados cognitivos, por la distinción de la forma (a causa de la estructura interna de sus representaciones), no pueden cumplir con el rol que se exige para la penetrabilidad de la percepción. En el ejemplo que pone Burnston: si percibo un cuadrado, mi estado perceptivo tiene una representación cuyas partes corresponden o pueden mapearse con el cuadrado que estoy percibiendo. No ocurre así con los estados cognitivos. Por lo tanto, si nos tomamos al pie de la letra la definición de Pylyshyn y aceptamos la distinción de la forma, se sigue que no hay penetrabilidad cognitiva de la percepción.

¿Qué quiere decir esto para el procesamiento predictivo? El problema es que tanto Lupyan (2015) como Hohwy (2013) se basan en la definición de Pylyshyn:

“si un sistema es cognitivamente penetrable, entonces la función que éste computa es sensible, de una manera semánticamente coherente, a las metas y expectativas de un organismo; esto es,

que puede ser alterada de una manera que tiene una relación lógica con lo que la persona sabe” (Pylyshyn, 1999, pág. 343).

Sin embargo, en afinidad con Macpherson (2015), considero que apearse a esta definición es poco conveniente. La principal razón para esto es que, hasta donde alcanzo a ver, en el modelo del procesamiento predictivo no está suficientemente especificada la naturaleza del contenido de las experiencias perceptivas (representacional o no, con propiedades de alto nivel como clases naturales o no, etc.). Las experiencias perceptivas se determinan cuando el sistema establece hipótesis con mayor probabilidad posterior y las representaciones son definidas como *un estado que lleva información*, donde ésta no tiene que ser explícita o codificada simbólicamente (Lupyan, 2015, pág. 550). Otras pistas sobre la posible naturaleza de las representaciones postuladas en el procesamiento predictivo es que son probabilísticas (Huang & Rao, 2011) y quizá distribuidas, en sentido conexionista (Clark, 2016).

En conclusión, creo que debemos dejar en suspenso el juicio sobre si se puede aplicar la distinción de la forma (mi sospecha es que no) y desechar el requisito de computación para hablar de penetrabilidad cognitiva en el procesamiento predictivo. Los menciono en esta discusión porque podría ser que alguien creyera que sin estos no es posible hablar de penetrabilidad cognitiva de la percepción.

## **2.6 Penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo**

Los siguientes casos no deberían contar como instancias de penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo (Hohwy J. , 2013, págs. 118-120), en donde dos sujetos están ante el mismo objeto, pero tienen experiencias visuales distintas:

- a) Por una relación causal irrelevante (*i.e.* no interna o mental, en términos de la definición que vimos anteriormente) que hace que un sujeto con ciertas expectativas vea al objeto de una manera distinta al otro sujeto (por ejemplo, una condición neurológica).
- b) Cuando dos sujetos tienen la misma experiencia, pero diferentes juicios al respecto.
- c) Uno de los sujetos, a causa de sus expectativas, mueve el objeto para tener otras condiciones de luz.
- d) Cuando las expectativas se dan únicamente a un nivel más bajo de la jerarquía perceptiva y no de arriba abajo, desde niveles superiores.

Los casos como b) son problemáticos ya que, en la mayoría de los experimentos diseñados para probar fenómenos como la penetrabilidad cognitiva de la percepción, se depende fuertemente de los reportes de los sujetos. Por otra parte, como aclara Hohwy (2013, pág. 119), casos como c) podrían poner en peligro la idea de que hay penetrabilidad cognitiva de la percepción en el marco de la minimización del error de predicción. Esto es porque la inferencia perceptiva está ligada con lo que él llama *inferencia activa*, en donde el sujeto toma acciones para corroborar sus hipótesis (esto podría ser algo tan elemental como el movimiento de los ojos). Hohwy sugiere que esta condición no se tome de una manera muy fuerte y que se decida caso por caso.

Finalmente, como un ejemplo de casos como d), Hohwy cita la probabilidad previa (o prior) de “la luz viene desde arriba” que podría ser un caso de expectativas que están en niveles bajos de la jerarquía y probablemente no cuenten como influencias cognitivas. La idea de que hay en el sistema visual algún tipo de “información previa” que informa nuestras experiencias visuales, por ejemplo, que la luz viene de arriba, explicaría la

existencia de ciertas ilusiones como la del pie que se percibe como convexo, aunque no lo sea (Morgenstern, Murray, & Harris, 2011).

Mi propia postura es que casos como éste sí *podrían* contar como casos de penetrabilidad cognitiva o que por lo menos no es evidente que no lo sean. Esto es sobre todo porque contarían como expectativas invariantes, esto es, en niveles altos de la jerarquía y más del lado “conceptual” del espectro según la definición de Hohwy que cité en la sección 2.2.

Dejando a un lado por ahora los casos problemáticos que acabamos de ver, un caso que se acepta que sí debería contar como una instancia de penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo es el siguiente. Dos personas están ante el mismo objeto, pero difieren en sus expectativas o creencias, las cuales alteran su experiencia visual por una vía arriba abajo (*top-down*) que sea *apropiadamente semántica* (Hohwy J. , 2013, pág. 122). Hohwy no define qué cuenta como una vía de arriba abajo *apropiadamente semántica*, pero puede interpretarse a la luz de los requisitos que revisé en la sección 2.3: causal, relevante y espacio-temporalmente adecuada.

Esencialmente, la idea es que el sistema otorga un mayor peso (en el sentido de *precision-weighting*) al conocimiento previo y a las predicciones en casos de mayor incertidumbre. En estas situaciones, el aumento sináptico (*synaptic gain*) en las unidades de error de predicción disminuye.<sup>19</sup> Es ahí cuando el sistema espera que la señal proveniente del mundo sea imprecisa y por ende que no sea una señal confiable (que dé una retroalimentación útil) para la inferencia perceptiva y activa (Hohwy J. , 2013, pág. 123).

---

<sup>19</sup> El aumento sináptico (*synaptic gain*) es uno de los mecanismos propuestos para dar cuenta de cómo el sistema otorga mayor o menor peso a los errores de predicción transmitidos *bottom-up*, de acuerdo con sus expectativas de predicción.

La diferencia con Lupyan es que éste, por su parte, no restringe los casos de penetrabilidad cognitiva a situaciones de alta incertidumbre:

“si permitir que la información de otra modalidad, la experiencia previa, expectativas, conocimiento, creencias, etc., inflencie el procesamiento perceptivo disminuye el error de predicción global, entonces esta información será utilizada para guiar el procesamiento en estos niveles más bajos” (Lupyan, 2015, pág. 550).

El resultado de la minimización de errores de predicción globales (esto es, en total y no en cada uno de los momentos de la jerarquía) debe ser una representación (estado que provea de información) que tenga una alta probabilidad posterior. Hay varias maneras en que se puede minimizar el error de predicción global: alterar el modelo o modificar la entrada sensorial. Ya hemos visto estas dos opciones en secciones anteriores: de qué manera el cerebro se acerca a tener un mejor modelo del mundo gracias a la retroalimentación que obtiene y cómo un sistema cambia sus condiciones constantemente para corroborar sus hipótesis. Pero esto puede lograrse también de las siguientes maneras (Lupyan, 2015): permitir que los estados de alto nivel penetren en el procesamiento de bajo nivel, o bien, dejar el procesamiento de bajo nivel únicamente sujeto a influencias de bajo nivel pero resolviendo los conflictos entre predicciones y entradas sensoriales en niveles más altos.<sup>20</sup>

En resumen, tenemos las siguientes definiciones de penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo:

---

<sup>20</sup> Esto se puede ver en los casos en que hay sorpresa a nivel personal (Clark, 2013, pág. 16), como en el ejemplo de la ilusión del jugador de fútbol que parece tener un brazo de tres metros, cuando en realidad hay dos jugadores que están alineados de manera que hace parecer que es uno solo. Esto se puede resolver cambiando el la señal de entrada mediante lo que se conoce como inferencia activa (la idea es que, al percibir, nos movemos constantemente para corroborar nuestras predicciones), por ejemplo, al cambiar de perspectiva podríamos ver que en realidad son los brazos de dos jugadores (Lupyan, 2015, pág. 559). Pero podría ser que la hipótesis que mejor minimice el error de predicción global o la sorpresa a nivel sub-personal siga siendo sorprendente a nivel personal.

- a) Definición de Hohwy. Cuando el sistema da mayor peso a las predicciones que a los errores de predicción, *bajo niveles crecientes de incertidumbre*, entonces C (una predicción) tiene mayor peso en determinar E (una experiencia perceptiva) que los errores de predicción (entrada sensorial). “Cuando la incertidumbre es alta, debemos esperar un aumento en la habilidad de creencias previas de cada vez más alto nivel para determinar la experiencia consciente” (Hohwy J. , 2013, pág. 124).
- b) Definición de Lupyan. La penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia que se dará de C, una predicción, hacia E, en la medida en que esto permita minimizar errores de predicción globales en el sistema y *no solamente bajo niveles crecientes de incertidumbre*: “Los sistemas perceptivos son penetrables al grado en que dicha penetración minimiza el error de predicción *global*” (Lupyan, 2015, pág. 550).

La definición de Lupyan puede complementarse con los comentarios de Clark al respecto:

“lo que deberíamos decir es que la percepción es penetrable por una influencia de arriba abajo siempre y cuando dicha penetración se ha ganado su lugar tras un rango suficientemente amplio de instancias de entrenamiento [...]

En suma, influencias de arriba abajo de varios tipos pueden impactar el procesamiento en cada nivel más bajo, pero siempre y cuando esos patrones de impacto sean globalmente (y no solo localmente) útiles” (Clark, 2016, pág. 200).

Esto es, que los patrones de influencia de las predicciones se hayan mostrado útiles, para minimizar los errores de predicción globales (y no solo a un momento del procesamiento sensorial) a lo largo de varios casos.

Estas definiciones propuestas para el procesamiento predictivo son compatibles entre sí, de tal manera que podemos resumirlas en la siguiente hipótesis:

**PC 1:** La penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia de **C** sobre **E**, que cumple con **RC**, **RR** y **RAP**, que se dará en la medida en que esto permita minimizar los errores de predicción, sobre todo bajo niveles crecientes de incertidumbre y donde los patrones de impacto de **C** a **E** se hayan aprendido tras varias instancias y sean globalmente útiles.

Donde **C** es un estado cognitivo entendido como una influencia de arriba abajo en forma de predicciones y expectativas que depende de las creencias previas y **E** es la experiencia perceptiva. Para recordar, los requisitos son los siguientes (y están en la sección 2.3): causalidad, relevancia y adecuación de las predicciones.<sup>21</sup>

## 2.7 Nueva hipótesis de penetrabilidad cognitiva en el procesamiento predictivo

Por los argumentos que detallaré en la siguiente sección, la hipótesis que resume las propuestas de Hohwy (2013), Lupyan (2015) y Clark (2016) me parece insuficiente para capturar el tipo de penetrabilidad cognitiva de la percepción que se da en el procesamiento predictivo. De los elementos del procesamiento predictivo que ellos mismos aceptan y que vimos en la sección anterior, se sigue otra noción de penetrabilidad cognitiva. La hipótesis que propongo es la siguiente:

---

<sup>21</sup> Podría parecer que estos requisitos dejan lugar para una influencia intra-perceptiva. ¿No deberíamos agregar un requisito como el que dichas influencias sean *auténticamente* cognitivas? He asumido aquí que las predicciones y priors utilizados en el procesamiento predictivo son en efecto estados cognitivos. Está más allá de los alcances del presente trabajo dar una teoría detallada de lo que cuenta como un estado o proceso auténticamente *cognitivo*.

**PC2:** La penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia de **C** sobre **E** que cumple con **RC**, **RR** y **RAP** y se da en la medida en que permita minimizar los **errores de predicción**, sobre todo bajo niveles crecientes de incertidumbre y donde los patrones de impacto de **C** a **E** se han aprendido tras varias instancias y son globalmente útiles. En por lo menos algunos casos, esto es posible gracias al conocimiento (información previamente adquirida) sobre regularidades facilitado por **M**.

Aquí **C** es un estado cognitivo entendido como una influencia de arriba abajo en forma de predicciones y expectativas que depende de las creencias previas, **E** es la experiencia perceptiva y **M** es la memoria. **M** puede hacer referencia al contenido de la memoria, a un tipo de experiencia o modo de experimentar ese contenido, a los sistemas de memoria o a la memoria como una facultad. Esto lo veremos con detalle en el capítulo siguiente.

Después de proponer esta nueva hipótesis, será necesario explicar en qué se distingue **PC2** de **PC1**, por qué pienso que quienes aceptan el modelo del procesamiento predictivo se comprometen con **PC2** y no solamente con **PC1**. Por qué, por otra parte, **PC2** es una tesis que merece ser tomada en cuenta y, finalmente, cuáles serían las implicaciones de aceptarla. En esta sección explicaré la distinción entre **PC1** y **PC2**, en la siguiente sección daré los argumentos sobre por qué podemos comprometernos con **PC2** en el modelo del procesamiento predictivo y en el tercer capítulo me enfocaré en motivar esta hipótesis y cuáles serían las implicaciones de aceptarla. El objetivo es mostrar cómo de los presupuestos del procesamiento predictivo que hemos visto desde el capítulo 1 puede seguirse una noción más robusta e interesante de penetrabilidad cognitiva de la percepción.

La diferencia entre **PC1** y **PC2** es que en **PC2** se vuelve explícito que el conocimiento sobre regularidades tiene un papel en la inferencia perceptiva y que quizá el procesamiento de dicho conocimiento sea posibilitado por algo que he llamado **M**. La manera más sencilla

en que podemos postular que esto ocurre es que la información previamente adquirida nos lleva a preferir ciertas hipótesis (véase la sección 3.2) sobre otras, o bien, a asignar una mayor probabilidad previa a la hipótesis. “M” es una variable que hace referencia a la memoria y en el siguiente capítulo veremos cómo podemos darle contenido en términos de la investigación actual en torno a la memoria.

## 2.8 Argumentos a favor de PC2

En lo que resta de este capítulo daré algunos argumentos de por qué considero que quienes se comprometen con el procesamiento predictivo pueden comprometerse también con PC2, que es una tesis más fuerte que PC1. Estos argumentos no son tan fuertes como para mostrar que deben *necesariamente* comprometerse con PC2, pero sí por qué ésta se sigue de sus presupuestos y por qué es más interesante que PC1. En el siguiente capítulo doy más argumentos a favor de PC2, al explorar cómo podría hacerse a M más sustanciosa.

### a) Hay un espacio para la influencia de M en cualquier etapa de la jerarquía.

En el procesamiento predictivo se asume que la señal que recibe el sistema es inherentemente ambigua, de aquí se sigue que la experiencia, establecida a partir de la hipótesis con mayor probabilidad no está suficientemente determinada por la información sensorial. Lo anterior tiene sentido si recordamos que, en la inferencia bayesiana, la “evidencia” no es la única variable relevante, sino que está relacionada con la probabilidad de la hipótesis. Para establecer una hipótesis se requiere de información previamente adquirida. Esto es especialmente el caso donde se espera incertidumbre y el sistema da un menor peso a los errores de predicción, otorgando un mayor peso a las creencias previas para determinar la hipótesis utilizada en la inferencia perceptiva.

**b) Recurrir a M podría ayudar a minimizar los errores de predicción globales.**

Recordemos que aún no está definido qué es M, pero, entre las opciones que hemos visto, M puede hacer referencia al contenido de algo que es recordado o a la experiencia de recordar. Si se acepta que estos pueden darnos información sobre regularidades que sea útil para determinar las probabilidades previas, de manera que esto lleve a una más óptima minimización de errores de predicción, entonces debemos aceptar que M puede tener un papel en el procesamiento predictivo.

Asimismo, si se acepta que el involucrar sistemas de memoria para procesar más eficientemente la señal y minimizar el error de predicción, M puede tener un papel en la penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo. En efecto, Lupyan (2015, pág. 551) defiende una estrategia de “si sirve, hazlo” con respecto a la información a la que puede recurrir el sistema con tal de minimizar los errores de predicción globales.

**c) La jerarquía de procesamiento perceptivo es propuesta como algo flexible y cuyas configuraciones dependen de la tarea en cuestión.**

Explicué en el capítulo anterior (véase en especial la sección 1.5) que uno de los elementos más importantes del procesamiento predictivo es que se postula que el procesamiento perceptivo se da en una jerarquía definida funcionalmente. Siguiendo tanto a Clark (2016) como a Rauss y Pourtois (2013), esta jerarquía puede concebirse como algo flexible. La jerarquía se define por los patrones de interacción entre diferentes estructuras funcionalmente definidas y “el requisito esencial es únicamente que haya una estructura recíprocamente conectada de conexiones de retroalimentación y prealimentación (*feedforward*) con roles funcionales asimétricos” (Clark, 2016, pág. 143). El requisito de

que sean roles asimétricos hace referencia a que algunas conexiones llevan las predicciones y otras los errores de predicción. De esta manera, el que haya un papel para algo como M es compatible con el presupuesto del procesamiento predictivo de que las predicciones son “reclutadas” en una manera que depende del contexto y de la tarea en cuestión (Clark, 2016, pág. 146), si para ello es necesario incluir a la memoria en la jerarquía perceptiva.

Adicionalmente, podemos decir que no hay una restricción, en principio, por la cual la información procesada gracias a la memoria (y que contaría como una influencia “cognitiva”) podría influir en la percepción. Como hemos visto, en los modelos que estamos examinando la diferencia entre percepción y cognición es de grado. Finalmente, es importante recordar que en estos modelos se postula que el mecanismo de minimización de errores de predicción opera de manera generalizada en el cerebro.

## **2.9 Conclusión**

En este capítulo estudiamos la idea de que en el procesamiento predictivo la percepción es cognitivamente penetrable, ya que se la concibe como una inferencia probabilística bayesiana que depende de creencias previas para establecer probabilidades previas. Por ello, analicé con cierto detalle algunos requisitos que se han propuesto para poder decir que un estado cognitivo C influye en una experiencia perceptiva E. Vimos que los requisitos que podrían ser necesarios para la existencia de penetrabilidad cognitiva de la percepción en el modelo del procesamiento predictivo son el de influencia causal, relevancia y adecuación de las percepciones.

Después de dar un breve panorama de algunos requisitos y definiciones de penetrabilidad cognitiva, detallé las propuestas a este respecto que se han hecho en el

marco del modelo del procesamiento predictivo. Estas propuestas se resumen de la siguiente manera: la penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia de C sobre E que se da en la medida en que esto permita minimizar los errores de predicción, sobre todo bajo niveles crecientes de incertidumbre. Después de hacer explícita esta primera hipótesis (PC1), defendí que, de los presupuestos del procesamiento predictivo, se sigue una hipótesis más fuerte sobre la influencia de la cognición en la percepción (PC2), mediada por algo que he llamado M, haciendo referencia a la memoria.

La diferencia entre PC1 y PC2 es que en la segunda se hace explícito que la inferencia perceptiva, implementada gracias a la minimización de errores de predicción, por lo menos en algunos casos, es posible gracias al conocimiento (o información previamente adquirida) sobre regularidades facilitado por la memoria. En el siguiente capítulo buscaré dar sustento a esta idea recurriendo a investigaciones actuales en torno a la memoria.

## Capítulo 3

### Procesamiento predictivo, penetrabilidad cognitiva y memoria

#### 3.1 Introducción

Para realizar una inferencia perceptiva bayesiana en el marco del procesamiento predictivo, se requiere la asignación de probabilidades previas, aunadas a una estimación de la confianza que tiene el sistema en la precisión de la señal. Para lograr esto el sistema depende, usualmente, de cierto conocimiento o información previamente adquirida. El problema es que el sujeto podría tener una distribución de probabilidades arbitraria o bien generar hipótesis patológicas, lo cual le impediría formar modelos adecuados (en el sentido mínimo de que sean útiles para la acción) del mundo (Hohwy J. , 2013, pág. 41).<sup>22</sup> Por ende cabe preguntarse, ¿cómo surgen estos modelos e hipótesis y cómo son “supervisados”? Esto es, “¿cómo es que todo ese conocimiento –el conocimiento que da lugar a las predicciones que subyacen a la percepción y (como veremos después) a la acción– surge en primer lugar?” (Clark, 2016, pág. 14).

Una respuesta parcial es la que da Hohwy, en los términos que ya hemos visto: somos constantemente “supervisados” por el mundo, ya que la señal sensorial sirve como retroalimentación a nuestras predicciones. Mi interés está en comenzar a comprender la otra parte del problema: cómo surgen nuestros modelos e hipótesis sobre el mundo pero, sobre todo, la naturaleza de la información previamente adquirida que se utiliza en la inferencia

---

<sup>22</sup> No debe entenderse esta afirmación como una “correspondencia” con el mundo. En la propuesta del procesamiento predictivo, se acepta en términos generales que un modelo suficientemente adecuado del mundo es uno que es *adecuado para la acción* y que el sujeto llega a obtener gracias a la retroalimentación constante que se da en la acción (es útil pensar en la actualización de creencias que ilustra la regla de Bayes) (Clark, 2016; Hohwy J. , 2013).

perceptiva. En las teorías bayesianas de la confirmación, se da un problema análogo: *el problema de las probabilidades previas* (o “problema de los priors”) y consiste en lo siguiente (Weisberg, 2016): ¿cómo se asignan las probabilidades previas que hacen posible la condicionalización de probabilidades en la inferencia bayesiana y qué las justifica? Es interesante notar que se ha avanzado poco en la solución de este problema, pero es posible dar una respuesta *psicológica* al mismo (Suppes, 2007). Como aclaré en la introducción, mi propuesta de solución se limita a la inferencia bayesiana vista bajo los modelos de procesamiento predictivo.

La indagación sobre la información previamente adquirida que se utiliza para hacer inferencias perceptivas nos conduce a consideraciones sobre la memoria. Intuitivamente, si hay algún “reservorio” de información sobre el mundo, éste podría ser la memoria y si hay un “proceso de consolidación” de conocimiento para ser recuperado cuando sea útil, éste podría involucrar a la memoria. En efecto, la visión “tradicional” es que la memoria (ya sea que se la conciba como una facultad o como un conjunto de sistemas) involucra lo siguiente: codificación, almacenamiento y recuperación de información (Klein, 2015; Michaelian, 2016).

Sin embargo, esta indagación también nos lleva a los siguientes problemas. En primer lugar ¿debemos concebir a la memoria como una unidad o como un conjunto de sistemas? Por otra parte, al hablar de memoria, ¿nos referimos al contenido, al modo de presentación de dicho contenido, al “lugar” (si hay tal) en donde éste se almacena, o a la facultad de codificación, almacenamiento y recuperación? Además, ¿cuál es la relación entre conocimiento, aprendizaje y memoria, es necesario tener uno para conseguir el otro (por ejemplo, sin la facultad de la memoria no habría conocimiento)? Finalmente, ¿si la

percepción es una fuente de conocimiento y ésta a la vez depende de la memoria, tenemos esperanzas de obtener conocimiento fiable?

En este capítulo exploraré algunas de las respuestas que se han propuesto para estas preguntas. El propósito es entender mejor las condiciones para la presencia y el modo de acción de la información previamente adquirida utilizada en la percepción en el procesamiento predictivo. De esta manera, en las páginas siguientes explicaré por qué considero que hay una noción de memoria que podría satisfacer el rol de proveer o facilitar la información previamente adquirida utilizada para las inferencias perceptivas.

### **3.2 El procesamiento predictivo y el conocimiento sobre regularidades**

Vale la pena recordar dos presupuestos que sirven como motivaciones para las estrategias de compresión de datos como la codificación predictiva. La incorporación de estos presupuestos permite la aplicación de algunas ideas basadas en esta estrategia para modelar procesos cognitivos. Estos son, primero, que hay regularidades temporales y espaciales en el mundo, así como hay redundancias en las imágenes y videos y, segundo, que hay limitaciones espaciales y temporales en los recursos que los humanos empleamos para percibir día a día, así como limitaciones en los dispositivos que se usan para transmitir imágenes y videos. Si asumir estos presupuestos es pertinente, parece que utilizar el conocimiento (o información previamente adquirida) disponible sobre dichas regularidades podría volver más eficiente la tarea de percibir el mundo. Esta manera de verlo es distinta a pensar que lo más eficiente es que esta tarea se dé de manera más o menos automática e inflexible, en la línea de lo que dirían filósofos como Pylyshyn (1999).

Estas regularidades (por ejemplo, que la luz por lo general proviene de arriba) se pueden codificar como información que obtienen gradualmente los sujetos, en su interacción con el mundo. En el procesamiento predictivo, dicha información serviría para ayudar a determinar las probabilidades previas que se usan en la inferencia perceptiva. Recordemos (véase la sección 1.3), que la probabilidad previa es “la distribución de probabilidad  $p(y)$  que define la expectativa de que el ambiente estará en cualquiera de sus posibles estados  $y$ , antes de que cualquier observación esté disponible” (Pellicano & Burr, 2012, pág. 504).

Aquí hay un posible ejemplo de este tipo de información sobre regularidades: “dos objetos sólidos y opacos no pueden existir a la vez en el mismo tiempo y lugar”. Una de las explicaciones del fenómeno conocido como rivalidad binocular, desde la teoría de minimización de errores de predicción, se basa en la idea de que esta información sirve para la asignación de probabilidades previas (Hohwy J. , 2013, págs. 19-23). Para recordar, este fenómeno se da cuando diferentes imágenes, por ejemplo, una cara y una casa, se presentan a cada ojo y la experiencia consciente alterna entre una y otra. El sujeto experimenta ahora una casa, ahora una cara y así sucesivamente. Lo curioso de este fenómeno es que no ocurre que el sujeto tenga en su experiencia consciente una mezcla de casa y cara o algo similar.

La explicación propuesta es que el sistema alterna entre hipótesis en competencia (en donde las probabilidades previas están determinadas en parte por la información de que “dos objetos opacos no pueden existir en el mismo lugar y al mismo tiempo) que tienen la misma probabilidad posterior. Así, ninguna hipótesis reduce el error de predicción más que la otra, por lo que se propagan de nuevo errores de predicción que hacen que el sistema “proponga” otra hipótesis y así sucesivamente. De esta manera, el conocimiento (en el

sentido que hemos manejado hasta ahora) sobre la opacidad de los objetos haría que el sujeto *favoreciera* (de nuevo, no de manera consciente) ciertas hipótesis para dar cuenta de las entradas sensoriales (input).

Con respecto a este tipo de información previamente adquirida, Lupyan<sup>23</sup> (2015, pág. 551) utiliza el siguiente ejemplo para defender que no existe tal cosa como la observación neutral:

Otro ejemplo es al alcanzar un objeto que está oculto tras un obstáculo. Nuestros movimientos reflejan una teoría de que los objetos no dejan de existir cuando están fuera de vista y una predicción de su localización basada en las circunstancias de su desaparición.

Lejos de tratar de definir si estamos tratando con auténtico “conocimiento” o qué quiere decir que tengamos una “teoría” sobre los objetos que encontramos en el mundo al percibir, me interesa argumentar a favor de lo siguiente: en primer lugar, que, por lo menos en algunos casos, la influencia de este conocimiento de regularidades sí cuenta como penetrabilidad cognitiva de la percepción. En segundo lugar, que, por lo menos en algunos casos, este conocimiento debe explicarse por algo más que las “instrucciones programadas” en el sistema o sistemas perceptivos (por procesos evolutivos y/o de desarrollo), contra la noción de *constreñimientos naturales* de Pylyshyn (que explicaré un poco más adelante). Finalmente, que, dado lo anterior, vale la pena indagar en qué sentido la memoria (como

---

<sup>23</sup> Un posible problema es que en la literatura sobre la codificación predictiva, la noción del “conocimiento” utilizado en la visión o en la percepción aparece a veces bajo el término de “hyperpriors” (Clark, 2016, pág. 174) y como una influencia de arriba abajo desde niveles superiores (y sí contarían como penetrabilidad cognitiva). Pero en otros momentos (Hohwy J. , 2013, pág. 120) se toman como una modulación únicamente en niveles inferiores de la jerarquía perceptiva. Por otra parte, Friston *et al.* (2013) los definen como probabilidades previas sobre hiperparámetros, donde dichos parámetros son la medida de la precisión esperada en cada nivel de la jerarquía sensoriomotriz. En tanto que el término “hyperprior” se utiliza de distintas maneras, prefiero evitarlo.

contenido, sistema o sistemas, facultad, repositorio de información o experiencia) puede tener un papel en el procesamiento de dicho conocimiento (esto se verá en la siguiente sección).

Mi primer argumento, a favor de que éste es un caso de penetrabilidad cognitiva, está articulado de la siguiente manera:

1) El conocimiento sobre regularidades es útil (por lo menos, si no es que necesario) para hacer inferencias perceptivas. Esto es así porque éstas requieren la asignación de probabilidades previas y la selección de hipótesis que puedan explicar las causas de los estímulos. La información sobre regularidades puede hacer que el sujeto favorezca una u otra hipótesis.

2) La experiencia perceptiva no está suficientemente determinada por la entrada sensorial (recordar el problema de la ambigüedad del estímulo (Vance, 2015)) y tampoco bastan las “instrucciones pre-programadas” (por los casos que veremos en seguida), por lo tanto, en principio, hay espacio para la información previamente adquirida (procesada gracias a la memoria) en la determinación de la experiencia perceptiva.

3) La inferencia perceptiva está influida por el conocimiento sobre regularidades, en el sentido que hemos visto para la penetrabilidad cognitiva de la percepción: tiene una influencia causal, que es relevante y adecuada (con suficiente fineza espacio-temporal). Además, *sin* dicho conocimiento, la experiencia perceptiva sería otra, ya que la hipótesis seleccionada podría ser otra. Esta influencia *es posible* gracias a la memoria, como veremos en las siguientes secciones. Por ende, el conocimiento sobre regularidades es una influencia cognitiva en la experiencia perceptiva dentro del modelo del procesamiento predictivo y

vale la pena preguntarnos por el rol que podría jugar la memoria para posibilitar dicha influencia.

Ahora pasemos al segundo argumento. Antes que nada, ¿qué quiere decir que hay regularidades en los objetos que encontramos en la vida cotidiana, accesibles al sujeto? Un ejemplo puede ser el color que los objetos suelen presentar. Algunos objetos parecen tener un color típico, así como algunas cosas tienen formas típicas. Si un objeto se correlaciona fuertemente con un color, se dice que es altamente diagnóstico de dicho color (Witzel, Valkova, Hansen, & Gegenfurtner, 2011, pág. 13). Esta idea ha sido utilizada para argumentar a favor de la penetrabilidad cognitiva de la percepción (Macpherson, 2012).

En el estudio que cita Macpherson (2012), los sujetos debían ajustar el color del fondo de una pantalla de acuerdo con la figura recortada que tenían en frente. Todas las figuras habían sido recortadas del mismo pedazo de papel naranja, pero los sujetos ajustaban el color de fondo a un tono más rojo para figuras como un corazón (Delk & Fillenbaum, 1965). Más recientemente se han dado nuevos experimentos similares a éste, como el de Witzel *et al.*, en donde los sujetos eran expuestos a objetos artificiales con colores característicos, como un Pitufito. Vance (2015, pág. 648) nos provee de una explicación de los resultados de Witzel *et al.* (2011) en un marco teórico bayesiano:

Con una exposición repetida a Pitufitos azules, el sujeto (o su sistema perceptivo) actualiza las probabilidades previas para aumentar la probabilidad de que los Pitufitos (u objetos con esa forma) son azules. Cuando el sujeto es expuesto después a imágenes de Pitufitos bajo condiciones inusuales (en donde la reflectancia de la superficie del Pitufito es movida significativamente hacia la acromaticidad), el sistema perceptivo depende más en las expectativas previas de que los Pitufitos son azules. Como resultado de depender fuertemente en las probabilidades previas, la

inferencia perceptiva genera un concepto inclinado hacia el azul, más que aquel generado bajo las mismas condiciones visuales para objetos con las mismas propiedades de reflectancia superficial pero sin color característico.

Lo interesante de los efectos de memoria de color que encuentran Witzel *et al.* (2011) es que no se dan únicamente para objetos naturales, sino para objetos artificiales. Esto nos da razones para creer que no basta con aludir a “instrucciones” previamente puestas en el sistema perceptivo por presiones evolutivas. Una interpretación en términos de “instrucciones pre-programadas” haría alusión a lo que Pylyshyn (1999, pág. 353) llama *constreñimientos naturales* en la visión, que esencialmente serían como instrucciones implícitas en el sistema visual. Dadas estas “reglas”, el sistema visual “simplemente hace lo que está programado (*wired*) a hacer, lo cual, en efecto, quiere decir que actúa acorde con el constreñimiento descubierto por el teórico” (Pylyshyn, 1999, pág. 354).

Estos constreñimientos serían producto de cómo está estructurado el sistema visual, dadas ciertas presiones evolutivas. De esta manera, Pylyshyn considera que estas “reglas” (por llamarlas de cierta manera) como que “los objetos suelen ser opacos” *no* son influencias de arriba abajo (*top-down*) en la percepción y su existencia *no* es evidencia de que hay penetrabilidad cognitiva de la visión temprana. Estas reglas o principios, en realidad, serían independientes del conocimiento, deseos, expectativas o cualquier información de fondo que tenga el sujeto.

Si estos “constreñimientos” o “principios” por sí solos fueran suficientes para explicar la aparente influencia del “conocimiento sobre regularidades” en la percepción, entonces sería inútil tratar de recurrir a la memoria. Sin embargo, hay algunos efectos que no podrían explicarse si aceptamos que el sistema visual, por ejemplo, opera *exclusivamente* con base

en constreñimientos que son resultado de presiones evolutivas. Uno de ellos es la diferencia entre sujetos de diferentes culturas a la susceptibilidad a la ilusión Müller-Lyer, de la que hablé en la sección 2.4. Otro de ellos es el efecto de “memoria de color” que se da para objetos artificiales, que acabamos de ver.

Considero que no hay, en principio, una razón por la cual no podamos aceptar que, para dar cuenta de la señal que viene del medio<sup>24</sup>, el cerebro ha de hacer uso de tantos recursos como tenga a su disposición, incluida la información proveniente de la memoria *además* de algunos “constreñimientos naturales”. Esto es acorde con el tono general de la propuesta del procesamiento predictivo. Vale la pena repetir lo que dice Vance al respecto (citado en la Introducción): “los priors deben ser informados por algo. Es plausible que hasta cierto punto los priors estén moldeados por información obtenida en una escala de tiempo evolutiva. Los priors pueden también ser moldeados por aprendizaje que ocurre en la vida de un organismo o a escalas de tiempo más cortas” (Vance, 2015, pág. 654).

### 3.3 Condiciones para M

Como mencioné en la introducción a este capítulo, si nos interesa indagar sobre el origen de la información utilizada en la inferencia perceptiva, me parece que un buen lugar para empezar es la memoria. Mi objetivo es ahora dar sustento a la intuición de que el conocimiento requerido para la percepción puede darse gracias a la memoria y que, por ende, ésta podría tener un rol en *por lo menos* algunas instancias de la relación entre

---

<sup>24</sup>Con recursos limitados y ya que de hecho hay esas regularidades accesibles al sujeto, según hemos establecido en los presupuestos que mencioné al principio de esta sección y en el capítulo 1

percepción y cognición en el procesamiento predictivo.<sup>25</sup> Así, en esta sección definiré qué características debería tener M (un contenido, sistema de memoria, etc.) para permitir el procesamiento de dicho conocimiento.

Para recordar, la hipótesis que está bajo consideración es la siguiente. En este momento, hay que poner atención sobre el rol propuesto para M, donde M es la variable a la que buscamos dar contenido, recurriendo a algunas investigaciones recientes sobre memoria.

**PC2:** La penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia de C sobre E que cumple con RC, RR y RAP y que se da en la medida en que esto permita minimizar los errores de predicción. Se presenta especialmente bajo niveles crecientes de incertidumbre y los patrones de impacto de C a E se han aprendido tras varias instancias y son globalmente útiles. En por lo menos algunos casos, esto es posible gracias al conocimiento sobre regularidades facilitado por M.

Aquí “C” es un estado cognitivo entendido como una influencia de arriba abajo (*top-down*) en forma de predicciones y expectativas que depende de las creencias previas del sujeto. “E” es la experiencia perceptiva consciente. “M” hace referencia a la memoria. La memoria se puede entender como una facultad, como un conjunto de sistemas, como un tipo de experiencia o como un tipo de contenido. Los requisitos son: causalidad, relevancia y adecuación de las predicciones, estos están explicados en la sección 2.3, pero esencialmente se trata de que “C” debe tener una influencia causal, relevante y que tenga la suficiente fineza espacio temporal para afectar “E”.

---

<sup>25</sup> He decidido no defender la tesis más fuerte de que *siempre* tiene un papel en determinar la experiencia perceptiva porque en la literatura del procesamiento predictivo se acepta que puede haber influencias de *bajo nivel* en la dicha experiencia. Es decir, no siempre es necesario que las predicciones provengan de niveles más altos (definidos por contener regularidades más invariantes e información más integrada). Sin embargo, *no* queda claro en absoluto cómo podríamos distinguir en qué casos dicha influencia no cuenta como penetrabilidad cognitiva y si de todas maneras es necesario el conocimiento proveniente de dichos niveles más altos para generar los priors de la inferencia perceptiva.

De esta manera, estamos tras una experiencia (o, más específicamente, manera de experimentar el contenido), facultad, contenido o repositorio de información que facilite que haya conocimiento sobre regularidades accesible al sujeto para usarlo en la percepción. Un ejemplo de este tipo de información previamente adquirida, útil para determinar las probabilidades previas en la inferencia perceptiva, podría ser el que vimos en la sección anterior sobre memoria de color. Con base en esta hipótesis, el perfil que debería cumplir este conocimiento es el siguiente:

- a) Se requiere que involucre representaciones, lo cual quiere decir, mínimamente, cierto procesamiento de información que pueda utilizarse en la inferencia perceptiva. Esto es así porque lo que nos interesa es explicar la influencia de la cognición en la percepción y si está facilitada por la memoria. Así, si M fuera un sistema de memoria, tendría que ser memoria *cognitiva*.<sup>26</sup>
- b) Debe poder influir en la formación de probabilidades previas. Esto quiere decir que, si aceptáramos que la memoria es nada más que la *manera de experimentar* un recuerdo (Klein, 2015), definida por un tipo de fenomenología y no por el contenido<sup>27</sup>, podría ser entonces que la memoria no tenga un papel en el procesamiento predictivo, ya que no podría cumplir con el rol de facilitar el conocimiento sobre regularidades.

---

<sup>26</sup> Como argumenta Michaelian (2016, pág. 26), la memoria no declarativa (de la cual forma parte la memoria de procedimiento) sería parte de un tipo de memoria “no cognitiva”. En efecto, la explicación de su funcionamiento no requiere apelar al almacenamiento y procesamiento de información, más específicamente, de representaciones explícitas y accesibles a la conciencia.

<sup>27</sup> Siempre y cuando fenomenología y contenido no estén intrínsecamente ligados. En contra de la posibilidad de separar contenido y fenomenología, véase (Dretske, 1995; Tye, 2000). Un problema con la propuesta de Klein es que supondría que podemos tener el mismo contenido, pero diferente fenomenología.

- c) Debe ser beneficioso para minimizar los errores de predicción. Siguiendo la noción de Lupyan (2015) de penetrabilidad cognitiva, esto implica que M no puede restringirse a una sola modalidad si ha de facilitar el conocimiento que nos interesa. En efecto, Lupyan cita casos de interacción entre modalidades (por ejemplo, el sonido de una puerta que se cierra más una visualización de la puerta) como ejemplos de penetrabilidad cognitiva en el procesamiento predictivo.<sup>28</sup>
- d) Debe ser suficientemente flexible como para que sea moldeable por procesos de aprendizaje, ya que se requiere que los “patrones de impacto” (patrones de conectividad efectiva) de “C” a “E” se hayan aprendido tras varias instancias. Esto excluye que los “constreñimientos naturales” de los que hemos hablado puedan cumplir el rol requerido, ya que, si son resultado de presiones evolutivas, no pueden ser moldeados por procesos de aprendizaje (por lo menos en el transcurso de la vida del sujeto).
- e) Nótese que, aunque aquí hablo de la penetrabilidad cognitiva de la *experiencia perceptiva* (consciente), no hay una razón en principio por la que este conocimiento sobre regularidades deba ser consciente en todo momento o darse a nivel personal.<sup>29</sup>

Con estos lineamientos en mente, ahora podemos indagar si hay una noción de memoria bajo la cual se pueda aceptar que ésta permite el procesamiento del conocimiento sobre regularidades. Tenemos las siguientes alternativas: 1) De acuerdo con la visión

---

<sup>28</sup> A este respecto, Macpherson (2015) argumenta que los casos de interacción entre modalidades no siempre cuentan como casos de penetrabilidad cognitiva, sino que podrían ser casos de influencia de un sistema perceptivo en otro.

<sup>29</sup> Podría pensarse que la memoria sí debe darse a nivel consciente. Esto depende de la definición que demos de memoria. Si creemos que ésta se define por un *modo de experimentar* el contenido, como veremos en la sección siguiente, entonces ciertamente tiene que ser consciente.

“tradicional”, “cualquier estado o proceso que resulte de los estados secuenciales de codificación, almacenamiento y recuperación” (Klein, 2015, pág. 1), así, M haría referencia a *cierto tipo de contenido*. 2) La *experiencia* de recordar algo, con la conciencia y la sensación subjetiva de que este algo está conectado con el pasado (Klein, 2015). 3) Un *proceso* o *sistema* de memoria (en seguida hablaré de los requisitos para que algo sea un sistema de memoria). Esta lista no es exhaustiva, sin duda hay otras maneras de entender a la memoria<sup>30</sup>, pero el objetivo aquí no es hacer un recuento de las definiciones de memoria que se han dado en filosofía y ciencias cognitivas.

Antes de seguir es importante hacer una aclaración. ¿Qué quiere decir PC2 para el *problema de los priors*? Parece ser que el objetivo es comprender cómo se justifica la asignación de probabilidades previas y la respuesta es que esto se da gracias al conocimiento sobre regularidades procesado en la memoria. Las inferencias perceptivas requieren, en cada momento, alguna elección de hipótesis y alguna asignación de probabilidades previas. ¿Esto no querría decir que *siempre* hay penetrabilidad cognitiva de la percepción y, por ende, *siempre* hay una influencia de la memoria en la percepción? Si la respuesta es afirmativa, surge el problema de cómo es que podemos llegar a percibir en primer lugar ya que, podría pensarse, la información presente en la memoria en primer lugar proviene de la percepción, ¿de dónde más podría provenir? No pretendo comprometerme con una hipótesis tan fuerte. Defiendo únicamente que *en los casos en que hay penetrabilidad cognitiva*, ésta puede darse gracias a la información sobre regularidades previamente adquirida. Como aclaré en la sección 2.7, la manera más sencilla de postular

---

<sup>30</sup> Notablemente, hace falta hablar de la memoria a corto plazo y de la memoria de trabajo (para una reseña interesante, véase el trabajo de Baddeley (2003)). Sería interesante investigar la relación entre memoria a largo plazo, memoria a corto plazo y percepción, pero eso está más allá del alcance de este trabajo.

esta influencia es que la información previamente adquirida sobre regularidades causa que el sistema favorezca ciertas hipótesis y, por ende, sin dichos estados cognitivos la experiencia perceptiva sería distinta.

### 3.4 La memoria como un tipo de experiencia

Ahora podemos explorar algunas nociones de memoria, para saber si tienen un papel en posibilitar el conocimiento sobre regularidades que nos interesa. Primero está la visión “tradicional”, según la cual la memoria es cualquier estado que resulte de los procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de información. Como argumenta Klein (2015), el problema es que esta noción es demasiado general, dando como resultado que casi cualquier estado o proceso mental que se nos ocurra podría contar como memoria. Estamos buscando algo más específico, algo que influya en la determinación de la experiencia perceptiva *en la medida en que* permita el procesamiento de información sobre regularidades.

En segundo lugar, está la idea de que la memoria es *exclusivamente la manera en la que se experimenta un recuerdo* (Klein, 2015). De acuerdo con esta perspectiva, no basta con que el contenido provenga de o tenga una conexión causal con el pasado. La experiencia de un recuerdo episódico, *la única que contaría como memoria*, debe incluir la conciencia, obtenida de manera no inferencial de que el contenido estuvo en *mi* mente en el pasado. Por ende, los así llamados sistemas de “memoria” en realidad serían sólo sistemas de *procesamiento de información*, excepto el sistema de memoria episódica. La memoria no sería el *contenido* de un recuerdo, sino *la manera de experimentar* ese contenido.

Esto tendría como consecuencia que la memoria no podría ser implícita o inconsciente, ya que la memoria sería la manera en que se experimenta un contenido como proveniente de mi pasado. Por otra parte, de acuerdo con esta visión, lo que se conoce como *memoria semántica* no sería más que *conocimiento* en tanto que ésta se da como algo *presente*. Así, por ejemplo, “recuerdo que ésta es mi contraseña” y “sé que ésta es mi contraseña” no son diferentes con respecto a su contenido (Klein, 2015, pág. 13). Desprovista de la conciencia de que el recuerdo pertenece a mi pasado, la memoria sería únicamente conocimiento. Finalmente, otra consecuencia de aceptar esta visión sería que al parecer, para Klein, es posible que cambie la fenomenología de un estado mental mientras que el contenido permanece el mismo.<sup>31</sup>

La visión de Klein tiene la virtud de capturar lo que intuitivamente parece exclusivo de la memoria, lo que la separa de otros estados mentales. Es decir, el modo de experimentar un recuerdo episódico con la conciencia de que pertenece a *mi pasado*. El problema es que se requiere *demasiado* para poder decir que algo cuenta como memoria, es decir, la conciencia de que el contenido del recuerdo pertenece al pasado del sujeto. Para poder afirmar que la memoria tiene una influencia en cómo las predicciones determinan la experiencia perceptiva en el procesamiento predictivo, entonces es necesario encontrar la manera de resistir los argumentos de Klein. Esto es así porque, si la memoria está definida por la experiencia del pasado del sujeto, no se ve cómo podría influir en la asignación de probabilidades previas (no nos serviría de mucho para resolver el “problema de los priors”).

---

<sup>31</sup> Macpherson (2012, pág. 27) asume que *lo contrario* es el caso y considero que esa es una posición más plausible, aunque no argumentaré al respecto aquí.

Dilucidar la relación entre memoria y conocimiento está más allá del alcance de este trabajo, sin embargo, creo que es posible dar algunos pasos para contrarrestar los argumentos de Klein (2015). Un primer paso es reconocer que, si aceptáramos que no existen “sistemas de memoria” sino solamente un tipo especial de experiencia, estaríamos de lleno en contra de una enorme cantidad de investigación sobre memoria que se ha hecho desde el trabajo de Tulving (1985).<sup>32</sup> En seguida veremos con más detalle la noción de sistemas de memoria, pero es una idea que ha probado ser sumamente fructífera. Otra manera en que podemos resistir los argumentos de Klein es cuestionando uno de sus presupuestos: que podemos tener dos estados con el mismo contenido, pero diferente fenomenología.

### **3.5 Sistemas de memoria y PIMMS**

Lo que sigue es preguntarnos si el conocimiento sobre regularidades puede ser facilitado por un sistema de memoria. Los sistemas de memoria, por su parte, son “estructuras organizadas de componentes operativos más elementales. Un componente operativo de un sistema consiste en un sustrato neural y sus correlatos conductuales o cognitivos” (Tulving, 1985, pág. 386). Con más precisión, podemos definirlos recurriendo a los tres niveles de Mar (Michaelian, 2016, pág. 22): computacional (la tarea que el sistema debe realizar), algorítmico (el procedimiento utilizado para dicha tarea) y de implementación (las propiedades físicas del sistema que permiten que lleve a cabo dicha operación). Con la tabla que está a continuación, es posible tener una idea de cómo funcionan estos sistemas de memoria (Tulving, 1985, págs. 387-388):

---

<sup>32</sup> Me refiero a la investigación en torno a los sistemas de memoria, probablemente la aproximación a la memoria más ampliamente aceptada, cuyo principal propulsor fue Tulving.

*Sistemas de memoria*

	<i>Función</i>	<i>Modo de adquisición</i>	<i>Tipo de representación</i>	<i>Expresión de conocimiento</i>	<i>Tipo de conciencia</i>
<i>De procedimiento</i>	Retener conexiones entre estímulo y respuesta.	Respuesta conductual manifiesta. "Afinación"	Prescriptiva, para futuras acciones, no descriptiva.	Explícita (conductualmente) y con un formato más o menos rígido.	Anoética (sin conocimiento)
<i>Semántica</i>	Representar internamente estados del mundo.	"Re-estructuración"	Describen el mundo.	Flexiblemente expresado y no siempre de manera manifiesta.	Noética (con conocimiento)
<i>Episódica</i>	Obtener conocimiento sobre eventos experimentados personalmente.	"Aumento"	Incluyen información sobre el pasado personal.	Flexiblemente expresado y no siempre de manera manifiesta.	Autoñoética (con conocimiento de sí)

Estos sistemas están organizados en una única jerarquía, en donde el nivel más alto (memoria episódica) depende de los otros dos. Esto es, que el único sistema de memoria que puede operar de manera independiente, sin necesitar información de los otros sistemas, es el sistema de memoria de procedimiento. Además, esto quiere decir que, de acuerdo con Tulving (1985), el sistema de memoria episódica es el más reciente en términos evolutivos y el más sofisticado de los tres.

Un modelo más reciente es el de Tulving y Gazzaniga (1995), en donde hay tres sistemas de memoria: perceptual, semántica y episódica, que operan en paralelo durante la codificación, almacenamiento y recuperación (Henson & Gagnepain, 2010; Tulving & Gazzaniga, M. S., 1995). La información se procesa y codifica primero en el sistema perceptual. Además, ésta puede recuperarse independientemente en cualquiera de los tres sistemas y se va almacenando en cada uno de ellos. El propósito de este modelo consiste en mostrar cómo recordar (*recollection*) depende del sistema episódico mientras que la familiaridad (*familiarity*) depende del sistema semántico.

Si recordamos las características del perfil que definí en la sección 3.3, parece claro que no sirve recurrir a la memoria de procedimiento. En efecto, no se requiere hablar de procesamiento de información para entender su funcionamiento (Michaelian, 2016, págs. 26-31). De cualquier manera, sería interesante descubrir (ésta es una especulación) si hay alguna relación entre, por ejemplo, aprender una habilidad y un correspondiente cambio en cómo percibimos en ciertos escenarios (digamos, aprender la habilidad de jugar fútbol, seguido de un cambio en cómo percibimos las distancias en una cancha).

Ahora pasemos a un modelo más reciente y que tiene una gran afinidad con la propuesta del procesamiento predictivo. En el modelo de sistemas de memoria predictivos e interactivos (PIMMS, por sus siglas en inglés) de Henson y Gagnepain (2010),<sup>33</sup> el sistema episódico tiene el papel de generar predicciones sobre el contexto en que pueden encontrarse los objetos, que se reconocen gracias al sistema semántico. Los ítems u objetos son *causas hipotéticas de los estímulos* y el contexto es básicamente la información de fondo que sea relevante.

En este modelo también hay una jerarquía de sistemas de memoria; en el nivel más alto está la memoria episódica, seguida de la memoria semántica y posteriormente la memoria perceptiva. Hay que mencionar que el propósito de este modelo es explicar las diferencias e interrelaciones entre el proceso de recordar (*recollection*) y los casos en donde únicamente hay familiaridad. El primero es posibilitado por el sistema episódico y el segundo por el sistema semántico. El sistema perceptivo, por otra parte, serviría para *extraer y almacenar* las características definitorias de los ítems. Las estructuras neuronales que implementarían

---

<sup>33</sup> Vale la pena notar que, como aclara Clark (2016, pág. 104), este modelo es, aunque plausible, altamente especulativo.

cada sistema son, respectivamente: el hipocampo, la corteza perirrinal y la corteza occipito-temporal.

Veamos con más detalle las características del sistema semántico. “El propósito principal del sistema semántico es, por otra parte, almacenar combinaciones de características perceptivas que coocurren repetidamente (en ciertas relaciones), en el ambiente y que entonces definen los ítems” (Henson & Gagnepain, 2010, pág. 1319). Un ejemplo de características que coocurren en ciertas relaciones podría ser que los objetos más grandes suelen ser más pesados o que ciertos objetos suelen tener ciertos colores específicos. Parte del rol del sistema semántico también sería combinar características propias distintas modalidades perceptivas.

Lo anterior se explica en términos de probabilidades: “después de llegar a un estado estable en donde este error de predicción es minimizado, la actividad en el sistema semántico, por ejemplo, puede interpretarse como la probabilidad posterior de que cada ítem esté presente, dados los priors contextuales y la evidencia perceptual” (Henson & Gagnepain, 2010, pág. 1322). Dicho brevemente y de manera simplificada, la idea es que es más probable que ciertos objetos se encuentren en ciertos contextos y gracias a esto el reconocer objetos puede facilitarse por las predicciones provenientes del sistema episódico, específicamente, del hipocampo. Por ejemplo, si estoy en un salón y veo algo que parece una silla, es muy probable que se trate de una silla. Utilizar ese conocimiento (“las sillas suelen estar en los salones” llevaría a favorecer ciertas hipótesis o ciertas asignaciones de probabilidades previas.

Lo importante aquí es la naturaleza de la interacción entre los tres sistemas. Dentro de esta propuesta, se teoriza que corre un flujo de predicciones desde niveles más altos de la

jerarquía y desde los niveles más bajos fluyen los errores de predicción. Los errores de predicción son interpretados como la información que queda por aprender. “En esta red, la información que especifica el contexto codificada en el hipocampo intenta predecir representaciones basadas en ítems en la corteza perirrinal y representaciones más ‘perceptuales’ en la corteza occipito-temporal” (Clark, 2016, pág. 104).

El sistema semántico parece ser útil para posibilitar el conocimiento sobre regularidades, por lo siguiente: 1) requiere y facilita el procesamiento de información, 2) podría tener un papel la formación de probabilidades previas; por ejemplo, la probabilidad previa de que se trate de un objeto dadas, por una parte, las predicciones sobre el contexto provenientes del sistema episódico y la retroalimentación sobre las características del objeto provenientes del sistema perceptual, 3) no se requiere que pertenezca a una única modalidad a diferencia de, quizá, la memoria perceptiva, 4) no hay ninguna razón por la cual no pueda ser moldeable por la experiencia, ya que lo más importante son los patrones de conectividad efectiva entre áreas (véase la sección 1.5) y 5) facilita el procesamiento de conocimiento sobre regularidades, entendidas como relaciones entre características que coocurren y que definen un ítem.

En conclusión, he defendido que hay un sistema de memoria que podría ser el facilitador para el procesamiento del conocimiento sobre regularidades que se podría utilizar en la inferencia perceptiva en el procesamiento predictivo. Si es verdad que hay un sistema de memoria que tiene ese papel, ese sería probablemente el sistema semántico como se concibe en el modelo de PIMMS. Vale la pena decir que, para que esto sea más plausible (ésta es una especulación), sería útil descubrir evidencia en el siguiente sentido. Primero, que el sistema semántico y las estructuras que lo implementan estén involucrados en casos

como la memoria de color. Además, que la información procesada en dicho sistema se requiera para la formación de probabilidades previas utilizadas en la inferencia perceptiva.

### **3.6 Implicaciones de PC2**

Para terminar este capítulo, hablaré brevemente sobre algunas implicaciones que tendría aceptar una hipótesis como PC2 para el procesamiento predictivo, con M como el sistema semántico de memoria:

#### **a) La confiabilidad de la percepción como fuente de conocimiento.**

Si PC2 es el caso, entonces hay un sentido en el cual podemos decir que nuestras experiencias previas influyen en cómo percibimos. Alguien podría pensar que esto implica que la percepción no es una fuente fiable de conocimiento. Sin embargo, a pesar de que partimos de ciertas probabilidades previas determinadas por nuestras creencias previas, de acuerdo con el procesamiento predictivo, estos se actualizan constantemente a la luz de la evidencia.

#### **b) La modularidad de la mente.**

También se sigue de una hipótesis como PC2 que en la mente no hay módulos informacionalmente encapsulados, tal como los propone Fodor (1983). En efecto:

“Lupyan argumenta que la información almacenada en cualquier lugar de la mente puede influir en los contenidos de la percepción, dependiendo de qué tan relevante esa información sea para una tarea particular. Si esta visión es correcta, entonces las implicaciones para la arquitectura mental son vastas. Implicaría no solamente que los estados cognitivos ocasionalmente alteran el procesamiento perceptivo, sino que siempre lo hacen, porque los contenidos de la percepción se generan basados en estos priors de todo el sistema” (Jenkin & Siegel, 2015, pág. 536).

### **3.7 Conclusión**

En el capítulo 1 expuse de qué manera, en los modelos de procesamiento predictivo, la percepción se concibe como una inferencia probabilística bayesiana. En el segundo capítulo detallé una de las implicaciones de esta manera de entender la percepción: que ésta es cognitivamente penetrable. A partir de las nociones de penetrabilidad cognitiva de la percepción que se proponen en el procesamiento predictivo, sugerí que es posible postular una hipótesis más fuerte. Esto es, la idea de que en el procesamiento predictivo la penetrabilidad cognitiva de la percepción puede estar mediada por información previamente adquirida sobre regularidades, ésta a su vez procesada gracias a la memoria.

En este capítulo presenté las características que tendría que cumplir M, una variable que hace alusión a la memoria, para que pudiera ayudarnos a entender cómo el conocimiento sobre regularidades es útil, para la formación de probabilidades previas utilizadas en la inferencia perceptiva. Explicué con cierto detalle dos maneras relevantes de entender la memoria: como un tipo de experiencia y como un conjunto de sistemas. Argumenté que, si en verdad la memoria tiene un papel en la influencia de la cognición en la percepción en procesamiento predictivo, M debe entenderse como el sistema semántico de memoria, predictivo e interactivo.

Finalmente, mencioné algunas de las implicaciones que tendría aceptar una hipótesis como PC2, con respecto a la arquitectura mental y el papel de la percepción para proveernos de conocimiento confiable.

## Conclusiones

Ésta fue la hipótesis que busqué apoyar en la presente investigación: en los modelos de procesamiento predictivo, *en los casos en los que hay penetrabilidad cognitiva, la percepción está determinada (en parte) por información previamente adquirida. Ésta a su vez es procesada gracias la memoria, específicamente, gracias a una jerarquía de sistemas de memoria interactivos y basados en predicciones.* Ahora voy a explicar con cierto detalle en qué consiste esta hipótesis.

Para lograr la tarea de obtener un modelo de nuestro entorno que nos permita actuar en él, sería beneficioso hacer uso de información previamente adquirida sobre regularidades en el mundo. Esto se podría lograr mediante modelos probabilísticos, anclados en nuestra experiencia previa, a partir de los cuales el sistema (nuestro cerebro) pueda crear expectativas y predicciones con las que se confronte la señal proveniente de los sistemas sensoriales.

Por lo que en los modelos de procesamiento predictivo la percepción se modela como una inferencia inconsciente con miras a determinar las causas de los estímulos presentes al sujeto. Esta inferencia es *bayesiana*, lo cual quiere decir que se parte de una asignación de probabilidades previas sobre un conjunto de hipótesis. Las hipótesis, en estos modelos, se ven como predicciones transmitidas de arriba abajo. Éstas son contrastadas con la señal que viene desde los niveles más bajos de la jerarquía. Así, el sistema eventualmente se queda con la hipótesis que minimice óptimamente los errores de predicción, esto es, aquella que maximiza la probabilidad de la hipótesis, dada la evidencia (los datos sensoriales).

En tanto que, para llevar a cabo la inferencia perceptiva de la que he hablado, se requiere la selección de hipótesis y la asignación de probabilidades previas con base en información previamente adquirida, aquí la percepción está influenciada por la cognición. Para comprender mejor esto, propuse una hipótesis de penetrabilidad cognitiva de la percepción, (como una expansión a las propuestas de Hohwy (2013) y Lupyan (2015)):

**PC2:** La penetrabilidad cognitiva de la percepción es una influencia de **C** sobre **E** que cumple con **RC**, **RR** y **RAP** y que se da en la medida en que esto permita minimizar los errores de predicción. Se presenta especialmente bajo niveles crecientes de incertidumbre y los patrones de impacto de **C** a **E** se han aprendido tras varias instancias y son globalmente útiles. En por lo menos algunos casos, esto es posible gracias al conocimiento sobre regularidades facilitado por **M**.

Esta hipótesis descansa en la idea de que la penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo es una influencia de las predicciones y expectativas (estados cognitivos) para determinar la experiencia perceptiva (la hipótesis con mayor probabilidad posterior). Esta “determinación” se puede entender en los siguientes términos: sin el estado cognitivo **C**, no se daría la experiencia perceptiva **E**, o sería una experiencia distinta. Adicionalmente, esta relación cumple con los siguientes requisitos, extraídos de las propuestas en filosofía sobre la penetrabilidad cognitiva de la percepción: el estado cognitivo tiene una influencia causal en la experiencia, el estado cognitivo es relevante con respecto al contenido de la experiencia y el estado cognitivo, la predicción, es pertinente (en términos de la fineza espacio-temporal) para influir en la experiencia.

Además, esta influencia se da en la medida en que esto permita minimizar los errores de predicción globales. Esto es, no solamente los errores de predicción de cada parte de la jerarquía perceptiva.

Finalmente, en esta hipótesis se hace alusión a uno de los elementos de las propuestas de procesamiento predictivo, conocido como *ponderación de errores de predicción*: a cada momento el sistema, según se teoriza, estima el nivel de seguridad que tiene en la señal recibida. Mientras mayor sea la incertidumbre que se espera en la señal, mayor peso se otorga a las creencias previas. Si se estima que la señal es poco confiable, se da mayor peso a las creencias previas. Éste es el otro elemento presente en la hipótesis de penetrabilidad cognitiva de la percepción en el procesamiento predictivo, presente en los textos de Hohwy (2013), Lupyan (2015) y Clark (2016).

La innovación principal en la hipótesis que propuse es que ahí está explícito el papel que tiene el conocimiento sobre regularidades que se utiliza (de hecho) para realizar inferencias perceptivas. ¿Por qué aludir a la memoria? Para poder llevar a cabo las inferencias probabilísticas, se requiere de la asignación de probabilidades previas (o priors) y la elección de hipótesis. ¿De dónde proviene dicha asignación de probabilidades y elección de hipótesis? Esto es lo que, en la teoría bayesiana de la confirmación, se conoce como *el problema de las probabilidades previas*. Un análogo a este problema, en los modelos que retomé en este trabajo, es el siguiente: ¿cómo es que el sujeto puede tener un modelo del mundo que le permita realizar inferencias perceptivas?

Un camino que me parece natural para indagar sobre el origen de la información utilizada en las inferencias perceptivas es la memoria. El modelo (plausible, aunque todavía altamente especulativo) de sistemas interactivos y predictivos de memoria ayuda a dar sustento a la intuición de que, si hay un conocimiento sobre regularidades operando en la inferencia perceptiva, éste se procesa gracias al sistema semántico de memoria. En este modelo, cada sistema de memoria está definido por tres elementos: 1) su implementación

en un área del cerebro (la corteza perirrinal, en el lóbulo temporal medial) y las conexiones con las estructuras de los otros sistemas (semántico y perceptivo), 2) el tipo de información que se procesa gracias a él, que es sobre los conjuntos de características en relaciones específicas que definen a los objetos y 3) la naturaleza de su relación con otros sistemas, que es interactiva (basada en la noción de conectividad efectiva) y se da en una jerarquía definida por la transmisión de predicciones y errores de predicción.

En este modelo el sistema episódico ayuda a procesar información sobre el contexto en que se han encontrado los objetos en el pasado y, por ende, sobre el contexto en que *probablemente* se encuentren ciertos objetos. En el ejemplo antes citado: si estoy en un salón y veo algo que parece una silla, es muy probable que se trate de una silla. Utilizar ese conocimiento (“las sillas suelen estar en los salones” llevaría a favorecer ciertas hipótesis o ciertas asignaciones de probabilidades previas. El sistema semántico de memoria permitiría el procesamiento de información sobre las características que suelen presentar los objetos, como un color específico (por ejemplo, las manzanas, que se asocian frecuentemente con el color rojo). Así, la información sobre regularidades, procesada en dicho sistema, llevaría al sujeto a favorecer ciertas hipótesis y a asignar una mayor probabilidad a algunas de ellas, según el objeto de que se trate.

De esta manera, en las páginas anteriores realicé un recorrido a través de los presupuestos provenientes de propuestas que, en términos de Clark (2016), nos permiten entender en qué sentido la percepción puede estar anclada en nuestro pasado y orientada hacia el futuro. Esto es porque, si los argumentos expuestos aquí son acertados, la jerarquía de procesamiento perceptual y la jerarquía de sistemas de memoria pueden aliarse para ayudarnos a dar cuenta eficientemente del mundo a nuestro alrededor. Además, porque al

percibir estamos constantemente intentado predecir la naturaleza de los estímulos futuros. Lo que permite creer en esta alianza entre percepción y memoria es la idea de que el *conocimiento* sobre regularidades (entendido en sentido laxo, como información previamente adquirida) que obtenemos a través de la experiencia se procesa gracias a la memoria y se utiliza para asignar probabilidades previas y para seleccionar hipótesis.

Después del trabajo hecho en las páginas anteriores, quedan pendientes varias cuestiones. En primer lugar, definir mejor algunos detalles del modelo de PIMMS (por ejemplo, si también puede modelarse utilizando herramientas bayesianas) y encontrar más evidencia a su favor (como las conexiones entre las estructuras que implementan los sistemas). En segundo lugar, indagar sobre las implicaciones que tiene esta manera de ver la mente para la teoría o teorías sobre modularidad. En tercer lugar, determinar si hay una relación entre la memoria episódica, tomando en cuenta su elemento definitorio (proporcionar información sobre el contexto de la información recordada) y la experiencia perceptiva.

Además, hace falta entender mejor cómo se relacionan aprendizaje, conocimiento y memoria; si requerimos de sistemas de memoria para tener conocimiento o para algunos procesos de aprendizaje, etc. Finalmente, si hay una relación entre la atención (que en el procesamiento predictivo se define como dar más peso a uno u otro flujo de información) y la inferencia perceptiva y, a su vez, hay una relación entre la inferencia perceptiva y la memoria, sería interesante indagar si hay alguna relación entre los mecanismos atencionales y los sistemas de memoria.

## Bibliografía

- Anderson, M. (2010). Neural reuse: A fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 245-313.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 4, 829-839.
- Bar, M. (2009). The proactive brain: memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1235-1243.
- Barlow, H. (1997). The knowledge used in vision and where it comes from. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 352, 1141-1147.
- Bechtel, W. (2008). *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*. EUA: Routledge.
- Block, N. (2014). Seeing-As in the Light of Vision Science. *Philosophy and Phenomenological Research*, 560-572.
- Bubic, A., von Cramon, D., & Schubotz, R. I. (2010). Prediction, cognition and the brain. *Frontiers in Human Neuroscience* 4(25).
- Burnston, D. (2016). Cognitive penetration and the cognition/perception interface. *Synthese*.
- Churchland, P. (1988). Perceptual Plasticity and Theoretical Neutrality: a Reply to Jerry Fodor. *Philosophy of Science*, Vol. 55, 167-187.
- Clark, A. (2013). Whatever Next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral & Brain Sciences* 36(3), 181-204.

- Clark, A. (2016). *Surfing Uncertainty: Prediction, Action and the Embodied Mind*. New York: Oxford University Press.
- Colombo, M., & Seriès, P. (2012). Bayes in the Brain: On Bayesian Modelling in Neuroscience. *British Journal for the Philosophy of Science*, 697-723.
- Delk, J. L., & Fillenbaum, S. (1965). Differences in Perceived Color as a Function of Characteristic Color. *The American Journal of Psychology* 78 (2), 290-93.
- den Ouden, H., Kok, P., & de Lange, F. (2012). How prediction errors shape perception, attention and motivation. *Frontiers in Psychology* 3 (548).
- Dretske, F. (1995). *Naturalizing the Mind*. Cambridge: MIT Press.
- Engel, A., Fries, P., & Singer, W. (2001). Dynamic predictions: oscillations and synchrony in top-down processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 704-716.
- Fodor, J. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Fodor, J. (1984). Observation Reconsidered. *Philosophy of Science* 51, 23-43.
- Friston, K. (2008). Hierarchical Models in the Brain. *PLoS Computational Biology*, 4 (11).
- Friston, K. (2009). The free-energy principle: A rough guide to the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 293-201.
- Friston, K., & Stephan, K. (2007). Free-energy and the brain. *Synthese* (159), 417-458.
- Henson, R., & Gagnepain, P. (2010). Predictive, Interactive, Multiple Memory Systems. *Hippocampus*, 1315-1326.
- Hinton, G. (2007). Learning in multiple layers of representation. *Trends in Cognitive Science* 11(10), 428-434.
- Hohwy, J. (2013). *The Predictive Mind*. New York: Oxford University Press.

- Huang, Y., & Rao, R. P. (2011). Predictive coding. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2, 580-593.
- Jenkin, Z., & Siegel, S. (2015). Cognitive Penetrability: Modularity, Epistemology and Ethics. *Review of Philosophical Psychology*, 531-545.
- Klein, S. (2015). What memory is. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1-38.
- Lee, T. S., & Mumford, D. (2003). Hierarchical Bayesian inference in the visual cortex. *Journal of the Optical Society of America Vol. 20, No. 7*, 1434-1448.
- Lupyan, G. (2015). Cognitive Penetrability of Perception in the age of Prediction: Predictive Systems are Penetrable Systems. *Review of Philosophy and Psychology*, 547-569.
- Machperson, F. (2015). Cognitive Penetration and Predictive Coding: a Reply to Lupyan. *Review of Philosophy and Psychology*, 571-584.
- Macpherson, F. (2012). Cognitive Penetration of Colour Experience: Rethinking the Issue in Light of an Indirect Mechanism. *Philosophy and Phenomenological Research*, 24-62.
- McCauley, R., & Henrich, J. (2006). Susceptibility to the Müller-Lyer Illusion, Theory-Neutral Observation, and the Diachronic Penetrability of the Visual Input System. *Philosophical Psychology*, 79-101.
- Michaelian, K. (2016). *Mental Time Travel: Episodic Memory and Our Knowledge of the Personal Past*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Morgenstern, Y., Murray, L. F., & Harris, L. R. (2011). The human visual system's assumption that light comes from above is weak. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(30), 12551-3.
- Pellicano, E., & Burr, D. (2012). When the world becomes 'too real': a Bayesian explanation of autistic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 504-510.
- Pezzulo, G. (2008). Coordinating with the Future: the Anticipatory Nature of Representation. *Minds and Machines* 18, 179-225.
- Pylyshyn, Z. (1999). Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behavioral and Brain Sciences*, 341-423.
- Rauss, K., & Pourtois, G. (2013). What is bottom-up and what is top-down in predictive coding? *Frontiers in Psychology* 4(276).
- Segall, M., Campbell, D., & Herskovits, M. (1966). *The influence of culture on visual perception*. New York: Bobbs-Merrill.
- Shi, Y., & Sun, H. (2007). *Image and Video Compression for Multimedia Engineering*. Florida: CRC Press.
- Siegel, S. (2016). The Contents of Perception. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/perception-contents/>>.
- Stokes, D. (2013). Cognitive penetrability of perception. *Philosophy Compass*, 646-663.
- Suppes, P. (2007). Where do Bayesian priors come from? . *Synthese*, 441-471.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 385-394.

- Tulving, E., & Gazzaniga, M. S. (1995). Organization of Memory: Quo Vadis? En  
Gazzaniga, *The Cognitive Neurosciences* (págs. 839-847). Cambridge: MIT Press.
- Tye, M. (1995). *Ten Problems of Consciousness*. Cambridge: MIT Press.
- Tye, M. (2000). *Consciousness, Colour, and Content*. Cambridge: MIT Press.
- Vance, J. (2015). Cognitive Penetration and the Tribunal of Experience. *Review of  
Philosophical Psychology*, 641-663.
- Weisberg, J. (2016). Formal Epistemology. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL =  
<<http://plato.stanford.edu/archives/sum2016/entries/formal-epistemology/>>. .
- Witzel, C., Valkova, H., Hansen, T., & Gegenfurtner, K. R. (2011). Object knowledge  
modulates colour appearance. *i-Perception*, Vol. 2, 13-49.