



Universidad Autónoma del Estado de Morelos
MAESTRÍA EN CIENCIAS COGNITIVAS

Efectos del contexto predictivo en la rivalidad binocular.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS COGNITIVAS

PRESENTA

Andrés Fernando Zules Triviño.

Director de tesis: Dr. Bruno Lara Guzmán.

Comité tutorial: Maestra. Alejandra Ciria.

Dr. Bernarda Téllez Alanis.

Dr. Alberto Falcón Albarrán.

Dr. Miguel Ángel Sebastián.

Efectos del contexto predictivo en la Rivalidad Binocular

Andrés Fernando Zules Triviño

Resumen.

Las teorías que afirman que en el procesamiento de la información sensorial se generan predicciones continuas de estados sensoriales futuros han adquirido mucha fuerza recientemente. Sin embargo, todavía no queda claro cómo las predicciones contribuyen a la selección de contenido perceptual en situaciones donde más de una interpretación es posible. Un caso de esto es la Rivalidad Binocular (RB): un fenómeno que ocurre cuando dos imágenes diferentes se presentan simultáneamente a cada ojo por separado, induciendo a la percepción a fluctuar periódicamente entre una y otra de ellas. Las discusiones respecto a la explicación de la RB se han centrado en si ésta ocurre en áreas tempranas del procesamiento visual (proceso *bottom-up*), o en áreas superiores (proceso *top-down*). Las investigaciones en el tema, hasta el momento, dejan brechas explicativas derivadas de los tipos de estímulos con que se han conducido. En este trabajo se presentan dos experimentos orientados a determinar la influencia de procesos *top-down* en la RB a partir de la medición de los efectos que distintas secuencias de imágenes tienen en su etapa inicial. El primer experimento fue una réplica de Denison et al (2011), y midió los efectos de secuencias de líneas en rotación sobre la etapa inicial de la RB, donde sólo una de las imágenes es visible. El segundo experimento sirvió para descartar que los resultados del primero fueran exclusivos del tipo de estímulos utilizados, y permite extenderlos a otros elementos. Los resultados muestran un efecto significativo de las secuencias previas de imágenes, a manera de predicciones, en la visualización de la primera imagen en la etapa de RB. Así, la presente investigación proporciona evidencia a favor de la ocurrencia de procesos *top-down* en la resolución de la RB, ante imágenes que permiten establecer secuencias.

Palabras clave: Rivalidad binocular, ambigüedades perceptuales, contexto visual, predicción,

Keywords: binocular rivalry, perceptual ambiguities, visual context, prediction.

1. Introducción

En la tarea de explicar la percepción, distintas teorías que enfatizan el procesamiento top-down de información sensorial orientado a la predicción han adquirido fuerza recientemente (Friston, 2008, 2010; Pickering & Clark, 2014; ver Bruineberg et al. 2018 para una discusión reciente). Según una versión de estas ideas, la percepción es un proceso activo en el que se implementan modelos internos encargados de empatar el flujo sensorial que ingresa vía los órganos de los sentidos (el *input*), con expectativas top-down generadas a manera de predicciones que anticipan los estados sensoriales futuros, las cuales son implementadas jerárquicamente (Clark, 2015). Esta línea de pensamiento puede rastrearse, en sus postulados originales, hasta las nociones helmholtzianas de Inferencia Inconsciente (von Helmholtz, 1867, citado por Madary, 2015).

Paralelamente, se ha discutido respecto a la llamada permeabilidad o penetrabilidad cognitiva de la percepción. Esto es, la posibilidad de que estados extra-perceptuales, como expectativas y creencias, afecten directamente lo que se percibe (Collins Olson, 2014, para una crítica ver Firestone & Scholl, 2016). Casos de particular importancia en este respecto han sido los trabajos sobre percepción biestable: casos en los cuales la información sensorial permite más de una interpretación, por ejemplo, las ambigüedades visuales o acústicas o las ilusiones ópticas. Esto a partir de la premisa de que la manera en que un sistema cognitivo resuelve las situaciones límite revela aspectos interesantes de sus propiedades funcionales, pues respuestas diferentes ante estímulos que varían en rasgos puntuales de su composición sugieren la ocurrencia de eventos cognitivos distintos al momento de procesar tales rasgos (Meng & Tong, 2004).

En la presente investigación se abordan las dos cuestiones mencionadas a partir del fenómeno de la *Rivalidad Binocular* (Fox, 1991; Blake, 2001). Este

ocurre cuando se presentan a un observador simultáneamente dos imágenes diferentes de manera que cada ojo sólo pueda recibir una a la vez. Al hacer esto, controlando aspectos de composición de las imágenes como contraste y luminosidad, se induce al observador a experimentar alternaciones periódicas entre la dominancia y la supresión perceptual de cada una de ellas. Es decir, momentos en los que sólo una de las imágenes es visible, mientras la otra desaparece de la visión consciente, seguidos por inversiones a partir de las cuales la imagen previamente suprimida pasa a dominar la visión y la que dominaba se suprime. Tales cambios se toman como evidencia de la naturaleza activa de la percepción pues, aunque los estímulos permanecen estáticos, la experiencia subjetiva de ellos (el percepto) va cambiando en el tiempo, indicando que el estímulo por sí solo no determina la percepción, sino que debe conjugarse simultáneamente algún otro proceso en su configuración. Por ello, la Rivalidad Binocular (en adelante, RB) resulta de interés tanto para abordar los concomitantes neuronales de la experiencia visual consciente, como para medir experimentalmente los efectos de la predicción en la selección perceptual (Denison et al, 2011).

Esta investigación busca responder a la pregunta *¿es la RB susceptible de modulación cognitiva top-down?* El interés es medir si en la etapa inicial de la RB (ver sección 1.2.) ocurren procesos cognitivos de orden superior, de manera que el fenómeno no podría ser explicado completamente sin atender a éstos. En lo que sigue se presenta una caracterización de los aspectos más relevantes de cada etapa del fenómeno y posteriormente se discuten las maneras óptimas de usar la RB como método para los objetivos del presente estudio.

1.1. RB y percepción biestable

Siendo un caso particular de ambigüedad perceptual, la RB refiere a un proceso fundamentalmente distinto que las reversiones de imágenes biestables. En casos de percepción biestable, se presentan cambios entre interpretaciones posibles de, por ejemplo, profundidad en imágenes planas o de elementos generales definidos por un contorno, es decir, una sola imagen, vista por uno o ambos ojos puede causar la impresión de referir a dos o más cosas (Figura 1).

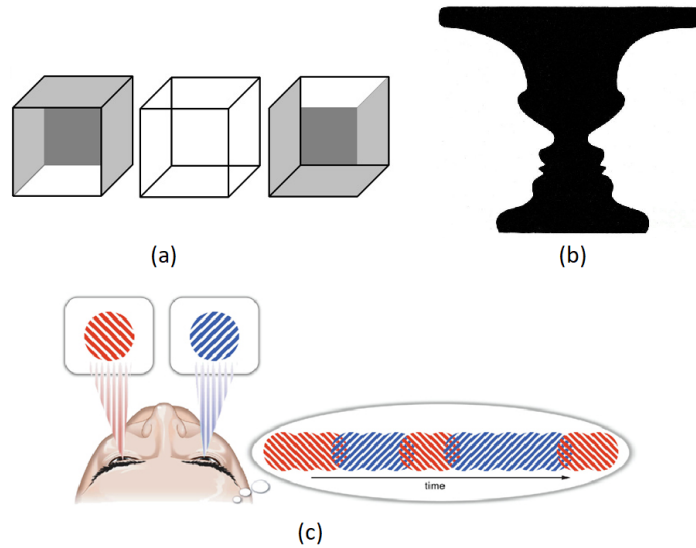


Figura 1: **Ejemplos de percepción biestable y RB** (a) El cubo de Necker (1832). La profundidad en la imagen central puede interpretarse como cualquiera de las dos laterales. (b) La vasija de Rubin (1915). El contorno permite ver dos rostros mirándose o un solo objeto sólido con forma de vasija. (c) Rivalidad binocular (tomado de Dieter & Tadjin, 2011) La imagen roja y la azul se intercalan en la percepción, con momentos de solapamiento parcial de ambas.

En la RB, por otra parte, las alternaciones ocurren respecto a la visualización total de una imagen y otra presentadas dicópticamente, pues las diferencias entre ellas son demasiado grandes como para que sean combinadas en un solo percepto. En este caso, lo que está rivalizando no son aspectos de una misma imagen sino dos imágenes distintas. Adicionalmente, existe evidencia de que ambos tipos de fenómenos perceptuales son afectados de maneras diferentes por factores endógenos. Por ejemplo, la RB es menos susceptible al control atencional voluntario que la reversión de interpretaciones de imágenes biestables (Toppino, 2003; Meng & Tong, 2004, Wernery et al. 2015). No obstante, la atención sigue siendo un factor de sesgo considerable, por lo que los experimentos en este paradigma deben procurar orientar la atención de los participantes hacia rasgos ortogonales a los de interés experimental, y así enmascarar sus objetivos. En la presente investigación se tuvo en cuenta esto.

1.2. Etapas de la rivalidad

En términos generales, la RB ocurre en tres momentos o etapas:

- **Falsa fusión:** si las imágenes rivales son presentadas a manera de destello, con una duración en torno a los 150 milisegundos, los observadores tienden a reportar la impresión de una sola imagen que presenta características superpuestas de ambas (Blake, Yang & Westendorf, 1991). Por ejemplo, en una presentación de líneas diagonales orientadas a la derecha en un ojo y hacia la izquierda en el otro, la impresión subjetiva tiende a ser la de una cuadrícula.

- **Inicio de la rivalidad (onset rivalry):** se denomina así a la asignación por primera vez de dominancia perceptual a una de las imágenes rivales. Es decir, el momento en que se resuelve la ambigüedad en favor de un percepto sobre el otro. Los periodos de dominancia perceptual varían dependiendo del observador, pero en promedio se presenta una fluctuación cada 2 o 3 segundos (Cave et al. 1998).

- **Rivalidad sostenida:** superada la rivalidad inicial, se presenta alterancia periódica entre una imagen y la otra en la experiencia visual consciente (Stanley, Forte, Cavanagh, Carter, 2011). Este es, propiamente hablando, el rasgo característico de la RB.

En esta investigación, la etapa de interés es el inicio de la rivalidad (*onset*), pues se ha identificado como la ventana de tiempo ideal para detectar sesgos fundamentales en cuanto a la saliencia relativa de las imágenes rivales (Kalisvaart et al, 2011). También en términos prácticos, permite conducir las pruebas en menos tiempo. Para enmascarar la etapa objetivo de la prueba ante los participantes, las imágenes rivales en ambas pruebas se dejaron durante varios segundos y se instruyó a que se reportara el color que se veía en cada caso.

1.3. Explicaciones

Una primera teoría explicativa de la RB sugiere que el fenómeno se puede explicar mediante el procesamiento *bottom-up* de la información sensorial. La RB se considera resultado de una competencia inter-ocular en áreas de la cor-

teza visual especializadas al procesamiento de cada mitad del campo visual o hemisferio. Lo que rivalizaría en cada caso serían los flujos de información completos que llegan a la corteza visual primaria vía cada ojo por separado. Así, sería un fenómeno fundamentalmente óptico del que se podría dar cuenta en términos de procesamiento visual temprano (ver Blake, 1989).

Por otra parte, una teoría explicativa *top-down* se basa en evidencia del involucramiento de zonas corticales asociadas al procesamiento de información de más alto nivel en la ocurrencia de la rivalidad. Pruebas de neuroimagen encontraron mayor actividad en regiones frontales y parietales de la corteza cuando las personas son presentadas con situaciones reales que inducen a experimentar RB, que cuando visualizan pasivamente videos de cambios entre imágenes, aun cuando éstos coincidan en tiempos con las tasas de cambio espontáneas que reportan tener en los montajes reales (Tong et al. 2002). Esto sugiere un involucramiento de éstas áreas en la alternancia de los perceptos, aunque no implica necesariamente un rol causal de ellas en la mediación de los cambios.

Una explicación predictivista del fenómeno lo describe en términos de inferencias probabilísticas operando bajo principios bayesianos en la constitución de las escenas. Según esta perspectiva, la rivalidad es el resultado de la actividad de mecanismos de codificación predictiva que operan en múltiples niveles, los cuales generan predicciones sobre la estimulación visual futura a partir de la información que poseen sobre patrones previos. Al no llegar a una hipótesis perceptual que dé cuenta de la totalidad de la señal, pues en cualquier caso hay un 50 % que no podría ser explicado, el sistema opta por la hipótesis que a posteriori resulta más probable (Hohwy et al. 2008). Así, estos mecanismos estarían determinados en su funcionamiento tanto por la información inmediatamente disponible como por las regularidades con que se han encontrado previamente. Así, la disponibilidad de información, tanto en línea como en el pasado, condicionaría los pesos de probabilidad de las hipótesis perceptuales competentes.

Suponiendo entonces que la resolución de la RB implica la ocurrencia de procesos cognitivos, estos deberían ser medibles a partir de efectos perceptuales diferentes en respuesta a tareas cognitivas distintas. Así, si la RB se resuelve al menos en parte mediante procesos probabilísticos, como afirman Hohwy y colegas (2008), y si en la ocurrencia de éstos se hace uso de la in-

formación contextual previamente recibida, entonces una modificación en el contexto predictivo debería afectar la resolución de la rivalidad. Más aun, la forma en que se resuelva ésta debería ser consistente, en la mayoría de los casos, con la hipótesis que resulte más favorecida dadas las nuevas condiciones.

Denison, Piazza & Silver (2011) quisieron probar empíricamente la idea anterior con una serie de experimentos orientados a mejorar la comprensión del rol que las expectativas cumplen en el procesamiento de información visual ambigua. En su prueba se presentaron secuencias no ambiguas (las mismas imágenes a ambos ojos) de rejillas en rotación¹ seguidas por etapas de rivalidad en las cuales una de las imágenes seguía la dirección de rotación establecida por la secuencia previa, mientras la otra no. Los participantes fueron instruidos para reportar mediante teclas la orientación de la primera imagen que vieran en la etapa de rivalidad (figura 2).

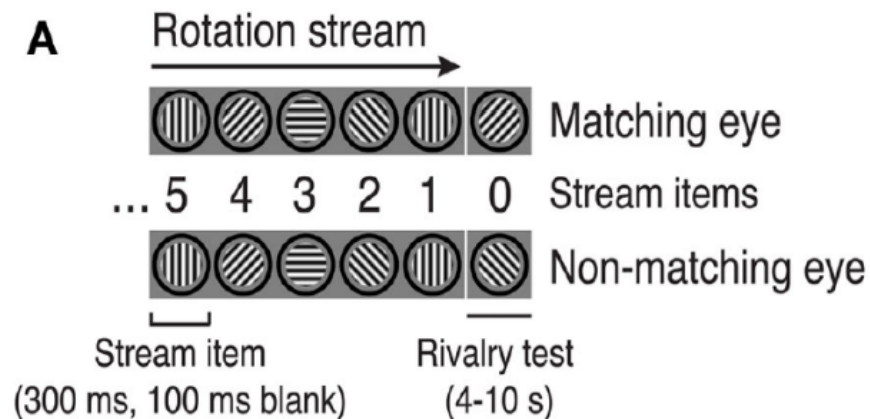


Figura 2: Experimento de rotación de rejillas *gratings* seguidas de Rivalidad Binocular conducido por Denison, Piazza & Silver (2011). En la etapa de rivalidad, una de las imágenes continuaba en la misma dirección de rotación, mientras la otra no.

Para secuencias mayores a dos elementos, los autores encontraron que la visualización de secuencias previas sesgó la selección perceptual a favor de las imágenes consistentes, siendo estas reportadas entre un 65 % y 58 % de todas las ocasiones, frente al 50 % de las condiciones control (sin contexto previo). Estos resultados positivos son tomados como evidencia de que información

¹Denominadas *gratings* en la literatura.

relativa a direcciones de movimiento está presente y se utiliza al momento de resolver la situación de rivalidad. El primer experimento conducido en la presente investigación fue una réplica de esta prueba (ver sección 2.1).

No obstante, una interpretación *bottom-up* de los resultados del primer experimento puede apelar a la activación de circuitos neuronales especializados en la detección y el procesamiento de rasgos simples, de bajo nivel, que conectan estructuras subcorticales y corticales tempranas sin involucrar procesos cognitivos más complejos (Sillito et al, 1994; Attarha & Moore, 2015). Desde los trabajos de Hubel & Wiesel (1968), se sabe de la existencia de neuronas en la corteza visual primaria, organizadas en campos receptivos que se especializan en la detección de líneas con orientaciones específicas, las cuales disparan diferencialmente dependiendo de con qué elementos se encuentran. Éstas se han postulado como responsables del denominado post-efecto de movimiento² (*motion aftereffect*, Antsis, 1998) y podrían tener un rol al ser activadas en patrones repetitivos continuos, predisponiendo a disparar ante ciertas orientaciones más que ante otras. Es decir, el efecto podría ser explicado en términos de un proceso que sería muy temprano para contar como cognitivo, y más próximo a explicaciones deflacionistas. Si esto fuera así, cabría esperarse que el efecto desapareciera en pruebas conducidas con elementos que cambiaran en algún aspecto de su composición de manera que no fueran susceptibles a los mismos sesgos oculares.

En este orden de ideas, Attarha & Moore (2015) no encontraron efectos como los del primer experimento en tareas de RB con palabras, e interpretan estos resultados negativos como evidencia de que la información de alto nivel no es efectiva al momento de sesgar la percepción a favor de una imagen rival por sobre la otra. Para su prueba presentaron a cada ojo secuencias de palabras idénticas, que podían leerse como una oración corta (e.g. THEY – ATE – THE), seguidas por condiciones de rivalidad en las cuales una de las palabras tenía sentido con la oración recién presentada y otra no (e.g. FRUIT vs ROPE). Los participantes, igualmente, debían reportar el color de la primera palabra que vieran, como rasgo de interés ortogonal (ver 3).

En esta ocasión, las autoras no encontraron diferencias significativas en la proporción de reporte de ninguna de las palabras en los pares presentados

²Se denomina así a la ilusión visual de movimiento en escenas estáticas inducida a partir de exposición a movimiento en escenas previas (ver Mather et al, 2008).

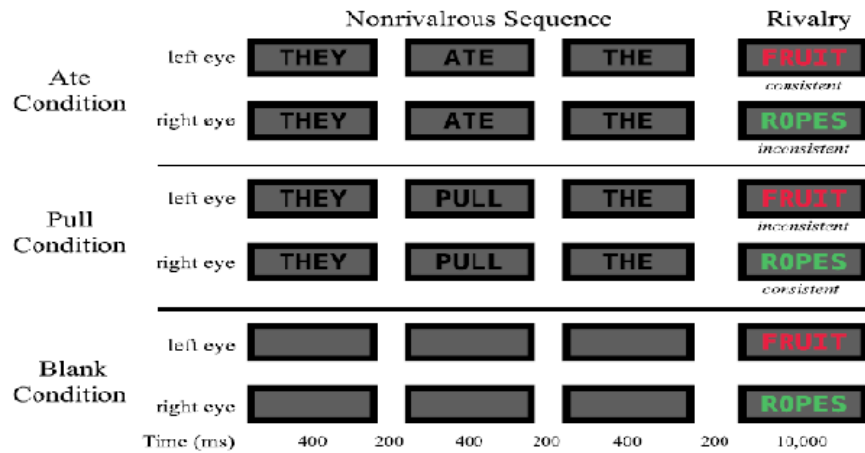


Figura 3: Experimento de contexto lingüístico de Attarha & Moore (2015)

dicópticamente, con lo que concluyen que la RB en su etapa inicial no es penetrable cognitivamente por información de alto nivel como lo es la consistencia semántica.

No obstante, parece existir un salto categorial de consideración entre una tarea que consta de la visualización de elementos abstractos como rejillas y otra que trata de evaluar la coherencia semántica de palabras con un contexto. El hecho de que no se hayan encontrado efectos en la prueba de palabras rivales no quiere decir que ningún tipo de información de alto nivel sea efectiva en la resolución de la rivalidad. La aplicación de experimentos que midan información de complejidad intermedia puede ayudar a comprender hasta dónde es eficaz la influencia top-down en la resolución del fenómeno.

Para desarrollar esta objeción, la segunda prueba conducida en la presente investigación consistió en una réplica estructural de los parámetros de la primera, variando únicamente el tipo de estímulos presentados, esto con el fin de determinar si los resultados podían ser extrapolados a otras condiciones. En esta ocasión, los participantes debieron reportar el color del primer punto que vieron en presentaciones de imágenes rivales posteriores a secuencias de puntos en movimiento que, al igual que en el primer experimento, permitían establecer una dirección de rotación a partir de la cual las imágenes rivales podían considerarse consistentes o inconsistentes.

La presente investigación se orientó entonces por la pregunta de si la resolución de la RB, es decir, la dinámica de los cambios en la visualización

de las imágenes rivales, podía ser afectada por información visual presentada inmediatamente antes, de una manera que no se pudiera explicar por eventos oculares o por procesamiento visual temprano, sino que diera lugar a la ocurrencia de procesos cognitivos que se podrían determinar top-down. Para ello los participantes observaron secuencias de imágenes no ambiguas -vieron lo mismo por ambos ojos- seguidas por etapas de RB. En la rivalidad, una de las imágenes era consistente con el contexto establecido por la secuencia previa, siendo el siguiente elemento implícito, mientras la otra rompía con los patrones de dirección establecidos. En este punto se registró el reporte de cuál imagen fue percibida primero y se midió la proporción de reportes que los observadores hicieron de ambos tipos de elementos (aquellos que eran consistentes con las secuencias recién presentadas y aquellos que no).

2. Experimentos

2.1. Primer experimento: rotación de rejillas

Haciendo frente a cuestionamientos de la denominada “crisis de la replicabilidad en psicología” (Pashler & Wagenmakers, 2012), el primer experimento de la presente investigación fue una réplica de la prueba conducida por Denison, Piazza & Silver (2011), ya replicada por Attarha & Moore (2015). Los participantes fueron instruidos para reportar el color de la primera imagen que vieran en la etapa de rivalidad. Esto último a manera de rasgo de interés ortogonal cuyo objetivo fue disminuir la probabilidad de que se infringiera el propósito de la prueba. Todos los parámetros de esta réplica fueron establecidos por Attarha & Moore (2015).

2.1.1. Método

Participantes. La prueba se condujo con 20 participantes (12 mujeres, 8 hombres) entre 18 y 36 años, con una edad promedio de 23.5 años, en su mayoría estudiantes universitarios de licenciatura, desconocedores del objetivo del estudio, que participaron voluntariamente o a cambio de créditos académicos. Criterio de exclusión. Previo a la aplicación del experimento, se realizó una prueba de visión estereoscópica llamada TNO stereotest. En ella los participantes debían hacer uso de lentes anaglíficos para reportar dos

números (55 y 10) escondidos entre una textura “suave” (un pastizal) y una “dura” (una pared de concreto). Quienes no fueron capaces de realizar correctamente ambos reportes, no hicieron parte del experimento.

Equipo. Los estímulos fueron presentados en una pantalla de 1366 x 768 pixeles, con una frecuencia de actualización de 60 Hz. Las imágenes se observaron a través de un estereoscopio de espejos ubicado siempre a una distancia de 55 cm de la pantalla, el cual fue calibrado para el ancho de los ojos de cada participante antes del inicio de cada prueba.

Estímulos. Los estímulos y el programa se diseñaron, generaron y corrieron con el software de psicología experimental PsychoPy versión 1.90.2, basado en lenguaje Python 2.7 (Peirce, J.W. 2007; 2009).

Todos los elementos de la prueba, tanto en las secuencias previas como en la rivalidad, fueron idénticos en cuanto a tamaño, composición y tiempos de presentación, variando únicamente en la dirección de sus líneas internas. Las imágenes rivales fueron coloreadas de los valores absolutos de rojo (rgb - 255, 0, 0) y verde (rgb - 0, 255, 0)³.

Diseño. Las imágenes fueron separadas en dos grupos para el análisis; éstos fueron llamados contexto (las imágenes no ambiguas permitían establecer una dirección de rotación) y base (sólo se presentó en estos casos el contorno de los círculos, sin ninguna línea interna, de manera que no hubo movimiento).

Las condiciones fueron llamadas:

- *Tipo de secuencia:* refiere a qué secuencia antecedió a las imágenes y a cuál imagen se tomó como reporte consistente (contexto -45° , contexto $+45^\circ$, control -45° , control $+45^\circ$).
- *Dirección del movimiento:* según las manecillas del reloj o en contra de las manecillas del reloj.

³Attarha & Moore (2015) reportan: "The gratings in the rivalrous display were colored red (CIE color coordinate system values: $x = 0.33$, $y = 0.31$, luminance = 26 cd/m²; Tektronix model J17 colorimeter) and green ($x = 0.32$, $y = 0.38$, 26 cd/m²). En esta réplica se usaron las mismas medidas de color y control de luminosidad

- *lado de presentación de las imágenes rivales* ojo izquierdo rojo y ojo derecho verde, ojo izquierdo verde y ojo derecho rojo

Éstas fueron enteramente aleatorizadas, resultando en un total de 192 ensayos experimentales por participante, los cuales se dividieron en 32 condiciones experimentales presentadas en 6 bloques. Así, cada condición única, incluidas las de control, fue visualizada por cada participante un total de 24 veces.

Entre cada bloque de 32 visualizaciones se interrumpió la presentación con el enunciado: “Ahora puedes descansar los ojos un momento. Presiona una tecla para continuar”, el cual tenía como objetivo evitar la fatiga de los participantes, esto tanto por consideración ética como para prevenir afectaciones en el desempeño. Al aparecer este anuncio, se podía suspender la aplicación por el tiempo que se deseara. La prueba más rápida fue completada en 29 minutos y 17 segundos y la más lenta tardó 38 minutos con 35 segundos.

Tarea. Los participantes debían usar las teclas “F” y “J” del teclado para reportar el color de la imagen que vieran en cada momento tras la presentación de cada secuencia de 4 imágenes de gratings en rotación. Se solicitó que las respuestas fueran dadas lo más rápido posible y por tanto tiempo como persistieran las imágenes rivales (entre 3 y 5 segundos en todos los casos), esto para dificultar la inferencia de que los elementos de interés experimental eran los primeros reportados.

La proporción de respuestas consistentes con el contexto presentado fue tomada como variable dependiente. Una respuesta “consistente” significa en este caso el reporte del siguiente elemento implícito por la secuencia. Igualmente, “inconsistente” se refiere al reporte de la imagen que no sigue la dirección de rotación establecida por la secuencia previa. Así, hubo dos tipos de imágenes consistentes: cuando el último elemento visualizado mostraba una orientación de 270° en la condición de rotación según las manecillas del reloj o de 0° en la condición contraria, la respuesta consistente fue la imagen rotada 315° (o -45°); igualmente, cuando las líneas de la última imagen estaban a 0° en la condición de rotación según las manecillas del reloj, o a 90° en la condición contraria, la respuesta consistente era la imagen que presentaba 45° de rotación.

En las condiciones denominadas “control” los elementos tomados como

consistentes fueron escogidos al azar. Esta separación tuvo la única finalidad de establecer una línea base del reporte de cada elemento en la etapa de rivalidad y así facilitar el análisis estadístico posterior.

Una vez terminadas las pruebas, a los participantes se les pidió que respondieran tres preguntas que recogieron impresiones subjetivas sobre la tarea que acababan de realizar. Éstas se orientaron a identificar y descartar casos en los que el objetivo de la prueba haya podido ser inferido, pues esto justamente es lo que se intentó evitar con la introducción del color como rasgo ortogonal general.

Las preguntas fueron las siguientes:

P1. *¿Qué te pareció la prueba?* – Fue común el comentario de que era muy demandante, tanto por cansar la vista como por exigir concentración y atención constante.

P2. *¿Tienes alguna idea de cuáles son los objetivos de la prueba?* – Los comentarios en este punto fueron poco específicos. En la mayoría de los casos, las personas dijeron creer que se trataba de una medición de la visión de los colores, pero no dieron señales claras de qué importancia tenían las imágenes previas. Esto indica que la introducción del color como rasgo ortogonal fue efectiva para enmascarar los propósitos del experimento.

P3. *¿Qué sugerencias o comentarios tienes sobre la prueba?* – Las recomendaciones fueron principalmente que se redujeran los tiempos de la prueba para que fuera menos exigente.

2.1.2. Resultados

Las imágenes consistentes con las secuencias previas fueron reportadas un mayor número de veces que las inconsistentes. Los datos obtenidos se sometieron a una prueba ANOVA univariable de medidas repetidas con la condición como factor, en la cual se encontraron diferencias significativas en la proporción de respuestas correctas en las condiciones con contexto (57.52%) y control (49.30%) $F(1,19) = 12,328$, $p = 0.038$ $\eta^2 = 0,432$, $MSe = 0,005$.

RESULTADOS DEL PRIMER EXPERIMENTO

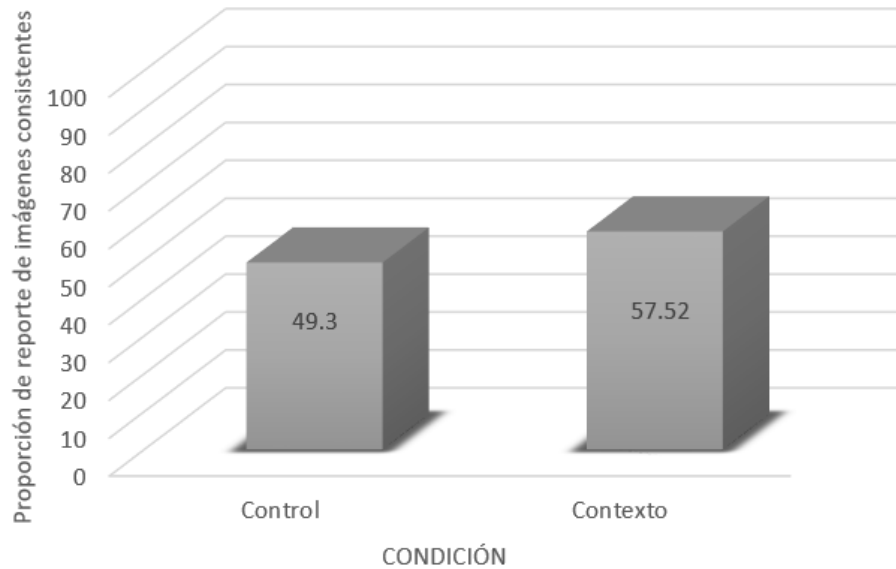


Figura 4: Porcentajes de reporte de cada tipo de condición en el primer experimento

2.1.3. Análisis de datos

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Denison et al (2011) y con la réplica conducida por Attarha & Moore (2015)⁴. La potencia estadística de los resultados de la presente prueba fue mayor que en el experimento que sirvió de base, esto a razón de un número de participantes mayor (20 en la presente prueba vs 11 en la de Attarha & Moore (2015)), pero el tamaño del efecto fue esencialmente el mismo (0.426 y 0.432 respectivamente). De esta manera, los hallazgos de la presente investigación constituyen una réplica exitosa de la prueba, y apoyan la conclusión de que el contexto predictivo es efectivo en la selección perceptual temprana durante RB.

2.2. Segundo experimento: movimiento de puntos.

Como se mencionó en la introducción, este segundo experimento tuvo como propósito extender los resultados positivos de la primera prueba a otro

⁴Attarha & Moore reportan 55% de acierto en las condiciones precedidas por contexto y 48% en las condiciones base $F(1,10) = 7.42$, $p = 0.021$, $p2 = 0.426$, $MSe = 0.004$. Denison et al (2011) dicen "the matching grating was initially selected on about 60% of trials, regardless of the number of items in the stream" (p. 5).

montaje con diferentes elementos.

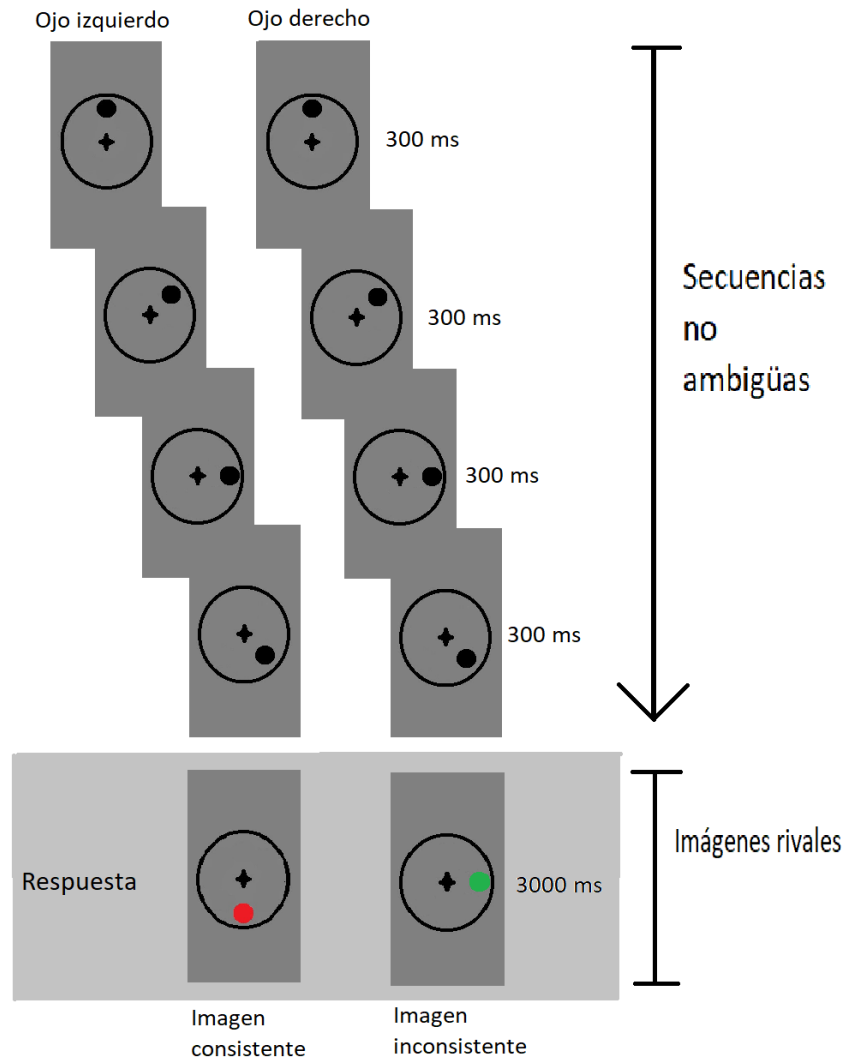


Figura 5: Ilustración del experimento de movimientos de puntos. Los parámetros, tiempos, métodos y análisis de datos fueron los mismos que en la prueba anterior. Sólo cambiaron las imágenes que fueron presentadas.

2.2.1. Método

Participantes. La prueba también se condujo con 20 personas en el mismo rango de edad que en el primer experimento (14 mujeres) y una edad promedio de 26,8 años.

Criterios de exclusión; equipo y estímulos: Todo fue igual que en el experimento 1.

Diseño. Los perímetros de las circunferencias dentro de las cuales se presentaron los puntos tuvieron las mismas dimensiones que en los gratings de la primera prueba. El número total de visualizaciones fue el mismo que en la primera prueba: 24 por condición por participante en 6 bloques de a 32 con descanso entre cada bloque, 192 visualizaciones en total.

Tarea. Al igual que en la primera prueba, los participantes fueron instruidos a reportar cada cambio en los colores que fueran percibiendo. Un experimento piloto encontró que era habitual la visualización de ambos colores al mismo tiempo, aunque uno de ellos tendía a verse más que el otro, lo cual es comprensible dado que los puntos rivales no se presentaron en las mismas coordenadas, por lo que la rivalidad fue sólo parcial. Dado esto, las instrucciones fueron explícitas en señalar que la tarea consistiría en reportar cuál de los dos colores se veía más en cada momento.

En esta segunda prueba también se aplicaron las mismas preguntas que se describen en el método del experimento 1. Estas, igualmente, arrojaron respuestas similares sugiriendo

2.2.2. Resultados

Nuevamente, las imágenes consistentes con las secuencias previas dominaron más en la etapa inicial de la rivalidad que las inconsistentes. Con los datos recopilados se realizó una prueba ANOVA univariable de medidas repetidas encontró diferencias significativas entre la proporción de reportes de imágenes consistentes (56,91 %) frente a las condiciones de control (49,66 %) $F(1,19)= 11.099$, $p= 0.002$, $p\eta^2= .222$ (ver figura 6).

Esto extiende los resultados de la primera prueba a otro montaje con las mismas condiciones y sólo diferentes estímulos, sugiriendo así que el efecto no es exclusivo de líneas en rotación, sino que se encuentra también con otros elementos de baja complejidad.

Comparando los resultados de ambas pruebas, se encuentra que los por-

RESULTADOS DEL SEGUNDO EXPERIMENTO

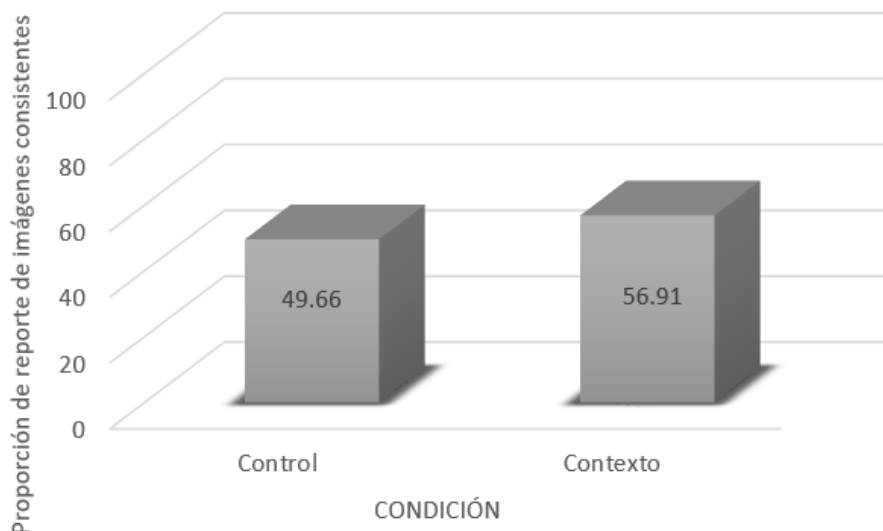


Figura 6: Porcentajes de reporte de cada tipo de condición en la prueba de puntos en movimiento.

centajes de reporte de imágenes con contexto de los dos experimentos fueron bastante similares. No se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de reporte de imágenes consistentes en las condiciones con contexto de ambas pruebas ($t=-.305$ $p=.761$) ni en las condiciones base ($t=-.170$, $p=.859$) (Figura 7).

3. Discusión general.

Aunque existe evidencia de factores top-down que influyen las dinámicas perceptuales, por ejemplo en reversiones de figuras biestables (Leopold & Logothetis, 1999), en RB, los modelos explicativos más exitosos se han basado en mecanismos neuronales tempranos como adaptación e inhibición recíproca (Tong & Engel, 2001), que apoyan explicaciones deflacionistas del fenómeno.

Respecto a la mayor proporción de reporte de imágenes de las condiciones denominadas *contexto*, es posible que el centro de la mirada haya sido diri-

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE AMBOS EXPERIMENTOS

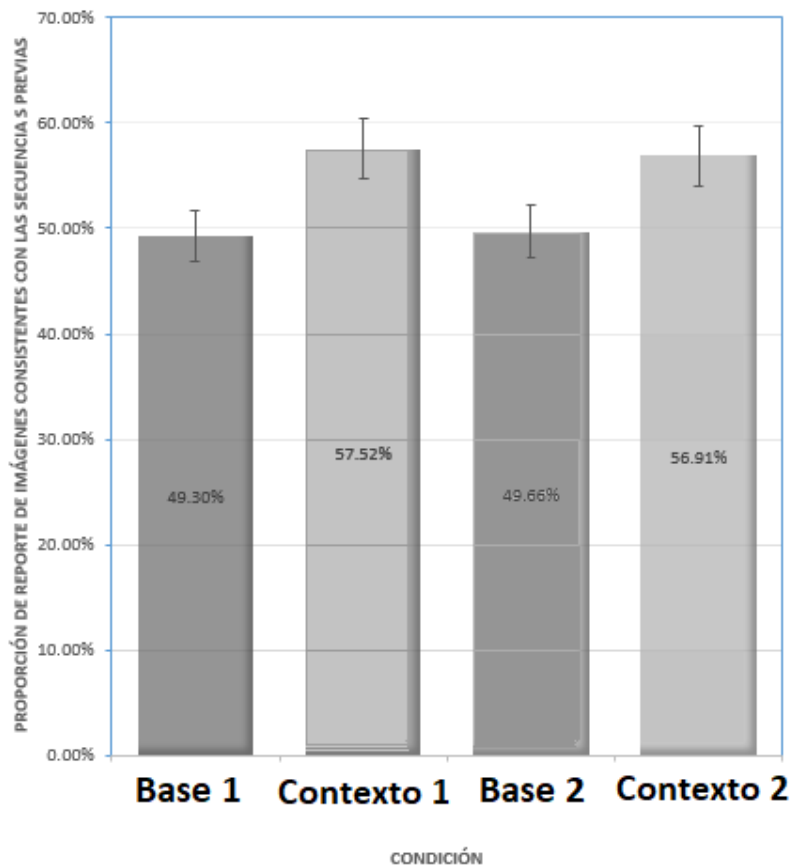


Figura 7: Comparación de las condiciones de base y contexto en ambos experimentos conducidos. Como se aprecia, las condiciones de *base* de los dos experimentos fueron reportadas en torno al azar.

gido, consciente o inconscientemente, al punto negro que parecía desplazarse en la pantalla, induciendo a que la fovea se ubicase en la siguiente posición implícita por la secuencia y predisponiendo así la visualización del punto coloreado que fuera a aparecer allí. Esto trató de controlarse con la exigencia hecha a los participantes de mantener en todo momento la mirada en la cruz de fijación central, por lo que la rivalidad se habría presentado en regiones ligeramente más periféricas. No obstante, la ausencia de herramientas adicionales de rastreo visual no permite tener certeza de que se haya cumplido tal demanda en todos los casos.

En línea con lo anterior, también podrían explicarse los resultados positivos de ambos experimentos en virtud de un efecto atencional evocado por el desplazamiento de los puntos en la periferia visual, aun cuando la fovea se haya mantenido la mayor parte del tiempo en el centro. Así, la predisposición a atender a las imágenes consistentes con las secuencias previas, no se daría en virtud de mecanismos desambiguadores de la percepción de base predictiva, sino por una tendencia a las posiciones que capturaban preferentemente la atención, dadas las secuencias visuales que antecedian. Este efecto podría ser muy sutil, lo que explicaría las ligeras desviaciones respecto a la línea del azar que se presentan en los resultados del experimento replicado (Attatha & Moore, 2015) así como en las pruebas adicionales conducidas. El montaje de los experimentos conducidos hasta este punto no permite descartar esta cuestión, por lo que serían necesarias futuras investigaciones, con elementos lo suficientemente diferentes, para hacerle frente a este tipo de objeciones.

4. Conclusiones

El presente estudio aporta datos que pueden tomarse como evidencia a favor de la ocurrencia de dinámicas cognitivas asociadas a la predicción en la resolución de la RB como un caso particular de penetrabilidad cognitiva en ambigüedades perceptuales. Se encontró que la visualización de estímulos de bajo nivel como líneas y puntos es susceptible de ser parcialmente sesgada por la información visual previa cuándo éstos estímulos son anteceditos por secuencias de movimiento. Estos resultados pueden ayudar a sentar las bases para futuras investigaciones concernientes a la naturaleza probabilística de la percepción.

No obstante, es necesario precisar si los hallazgos se pueden explicar por mecanismos locales de bajo nivel que no implican manipulación de contenidos de orden superior, como lo afirman las versiones más radicales del enactivismo (Hutto & Myin, 2013). La cuestión más general del rol de las predicciones en la percepción requiere la ejecución de pruebas con elementos de distinta complejidad, que permitan visualizar con qué tipo de estímulos y hasta qué punto son efectivas las predicciones. Por ejemplo, respecto a la predicción de eventos externos al cuerpo, se ha postulado que las anticipaciones son conducidas por un sistema general de predicción instanciado en la corteza

sensoriomotora lateral y en áreas de proyección parietal asociadas (Schubotz, 2007). Dados sus roles funcionales en la acción motriz, las predicciones sobre eventos externos deberían resolverse diferencialmente si éstos involucran acciones corporales o presentan escenas similares a partes del cuerpo humano realizando tareas cotidianas. Futuras investigaciones podrían abordar estos y otros cuestionamientos derivados haciendo uso del método utilizado en la presente investigación o a partir de técnicas similares como lo son la medición de tiempos de ruptura de supresión por flash continuo (Tsuchiya & Koch, 2004).

5. Referencias

Aizawa, K. (2013) Introduction to the material basis of cognition. *Minds Machines* 3. 23: 277.

Alais, D. Blake, R. eds. (2005) *Binocular Rivalry*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Anstis, S.M. et al. (1998) The motion aftereffect: a review. *Trends in Cognitive Sciences*. 2, 111–117.

Arnold D. H. (2011). Why is binocular rivalry uncommon? Discrepant monocular images in the real world. *Front. Hum. Neurosci.*5:116.

Attarha, M. Moore, C. (2015) “Onset rivalry: factors that succeed and fail to bias selection”. *Atten Percept Psychophysics* (2015) 77:520–535.

Blake R. (1989) A neural theory of binocular rivalry. *Psychological Review*. 1989; 96: 145 – 167.

Blake, R. Yang, Y. Westendorf, D (1991) Discriminating binocular fusion from false fusion. *Investigative Ophthalmology Visual Science*. Sept 1991, Vol.32, 2821-2825.

Carter O, Cavanagh P (2007) Onset Rivalry: Brief Presentation Isolates an Early Independent Phase of Perceptual Competition. *PLOS ONE* 2(4): e343.

Cave, C. B., Blake, R., McNamara, T. P. (1998). Binocular Rivalry Disrupts Visual Priming. *Psychological Science*, 9(4), 299–302.

Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral & Brain Sciences* 36(3): 181–204.

Clark, A (2015). Embodied Prediction. En T. Metzinger J. M. Windt (Eds). *Open MIND*: 7(T). Frankfurt am Main: MIND Group. 1/21 – 21/21.

Collins, J. A. Olson, I. R. (2014) Knowledge is power: How conceptual knowledge transforms visual cognition. *Psychonomic Bulletin and Review* 21:843–60.

Denison, R. Piazza, E. Silver, M. (2011) “Predictive context influences perceptual selection during binocular rivalry”. *Frontiers in Human Neuroscience*. Dec 2011 — Vol 5.

Firestone, C. Scholl, B. (2016) “Cognition does not affect perception: evaluation the evidence for top-down influences” *Behavioral and Brain Sciences*, P 1 - 77 doi:10.1017/S0140525X15000965. 2005.1622

Fox, R. (1991). Binocular rivalry. In D.M. Regan (Ed.), *Binocular vision and psychophysics* (pp. 93–110). London: MacMillan Press.

Friston, K. (2008). Hierarchical models in the brain. *PloS Computational Biology*, 4 (11), e1000211. doi: 10.1371/journal.pcbi.1000211

Friston, K. (2010). The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11 (2), 127-138. doi:10.1038/nrn2787

Hohwy, J. Roepstorff, A. Friston, K. (2008) Predictive codign explains binocular rivalry. *Cognition*. Volume 108, 3, 687-701.

Huang, Y., & Rao, R. P. (2011). Predictive coding. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2, 580-593.

Hubel D. H. Wiesel T. N. (1962) Receptive fields, binocular interaction

and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*. 1962 Jan; 160(1): 106–154.2.

Hutto, D. & Myin, E. (2013) *Radicalizing Enactivism: Basic minds without content*. MIT Press. ISBN 9780262018548.

Kalisvaart, J. P., Rampersad, S. M., Goossens, J. (2011). Binocular onset rivalry at the time of saccades and stimulus jumps. *PLoS ONE*, 6(6), e20017.

Lehky S. R. (1995) Binocular rivalry is not chaotic. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 1995; 259:71–76. doi: 10.1098/rspb.1995.0011.

Leopold, D. A., Logothetis, N. K. (1999). Multistable phenomena: Changing views in perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 254 –264.

Madary, M. (2015). Extending the Explanandum for Predictive Processing - A Commentary on Andy Clark. In T. Metzinger J. M. Windt (Eds). *Open MIND*: 7(C). Frankfurt am Main: MIND Group. doi: 10.15502/9783958570313

Mather, G. Pavan, A. Campana, G., (2008) The motion aftereffect reloaded. *Trends in Cognitive Sciences*, 12 No.12. 481- 487.

Meng, M. Tong, F. (2004) Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *Journal of Vision*. Jul 1; 4(7): 539-551.

Mudrik, L. Breska, A. Lamy, D. Deouell, L. (2011). Integration without awareness: expanding the limits of unconscious processing. *Psychol.Sci.* 22, 764– 770. Noë, A. (2004) *Action in perception*. Cambridge, MA; The MIT Press.

Pashler, H. Wagenmakers, E. J. (2012). Editor's introduction to the Special Section on Replicability in Psychological Science: A Crisis of Confidence?. *Perspectives on Psychological Science*. 7 (6): 528–530.

Peirce, JW (2007) PsychoPy - Psychophysics software in Python. *J Neuroscience Methods*, 162(1-2):8-13

Peirce JW (2009) Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Front. Neuroinform.* 2:10.

Schubotz, R (2007) Prediction of external events with our motor system: towards a new framework. *TRENDS in Cognitive Sciences* Vol.11 No.5.p 211-218.

Sillito, A. M., Jones, H. E., Gerstein, G. L., West, D. C. (1994). Feature-linked synchronization of thalamic relay cell firing induced by feedback from the visual cortex. *Nature*, 369(6480), 479–482.

Thompson, E. (2007). *Mind in life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Tong F, Wong A, Meng M, McKeeff T.J. (2002) Brain areas involved in attentional control and perception of ambiguous figures. *Journal of Vision*; 2(7): 677a.

Toppino T. (2003) Reversible-figure perception: Mechanisms of intentional control. *Perception Psychophysics*; 65: 1285–1295.

Tsuchiya, N., Koch, C. (2004). Continuous flash suppression. *Journal of Vision*, 4(8): 61, 61a.

Tulving, E., Schacter, D.L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247, 301–306.

Vanrie, J., M. Dekeyser. (2004). "Bistability and biasing effects in the perception of ambiguous point-light walkers." *Perception* 33: 547-560.

von Helmholtz, H. (1867). *Handbuch der Physiologischen. Optik*. Leipzig, Alemania. Leopold Voss. Citado por Madary, M. (2015).

Wade, N. (2005) Ambiguities and Rivalries in the History of Binocular Vision en Alais y Blake eds. 2005

Wernery, J. Atmanspacher, H. Kornmeier, J. Candia, V Folkers, G. Wittmann, M. (2015) Temporal processing in bistable perception of the Necker

cube. *Perception*, vol 44, p 157–168.

15 de febrero de 2018

Mtra. Angélica Fabiola Sánchez Gutiérrez
Jefa de Programas Educativos
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
P R E S E N T E

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis *Efectos del contexto predictivo en la rivalidad binocular* que presenta el alumno:

Andrés Fernando Zules Triviño

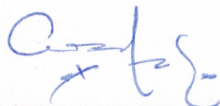
para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El trabajo presentado es muy claro y adecuadamente planteado, lo que permite ver su relevancia y buen rigor metodológico. Los resultados además son interesantes y correctamente interpretados.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente,



Dr. Alberto Jorge Falcón Albarrán



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación
Transdisciplinaria en Psicología

CENTRO DE INVESTIGACIÓN TRANSDISCIPLINAR EN PSICOLOGÍA

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca Morelos a 23 de marzo 2019.

MTRA. ANGÉLICA FABIOLA SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
JEFA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis "**Efectos del contexto predictivo en la Rivalidad Binocular**" que presenta el estudiante:

Andrés Fernando Zules Triviño

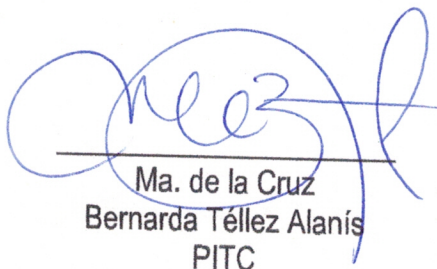
para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El estudiante realizó dos experimentos en humanos para probar el efecto del contexto predictivo en la resolución de una tarea de rivalidad binocular. Realizó un análisis estadístico que le llevo a aceptar la hipótesis propuesta y a plantear futuras investigaciones.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente



Ma. de la Cruz
Bernarda Téllez Alanís
PITC

16-Febrero-2019.

Mtra. Angélica Fabiola Sánchez Gutiérrez
Jefa de Programas Educativos
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis "**Efectos del contexto predictivo en la rivalidad binocular.**" que presenta el alumno:

Andrés Fernando Zules Triviño

para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

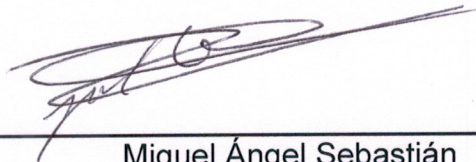
En su tesis de maestría Zules Triviño busca determinar si la forma en que se resuelve la Rivalidad Binocular es susceptible de efectos cognitivos de arriba-abajo (top-down). Para ello en primer lugar replica de forma exitosa un experimento relevante mostrando su capacidad de comprender y armar un experimento en psicología. En una segunda fase extiende parcialmente los resultados de ese primer experimento a otro montaje similar y equivalente, pero haciendo frente a ciertas cuestiones que explican los resultados en términos de procesamiento visual temprano y sugiere que en la resolución de la rivalidad binocular se involucran procesos cognitivos superiores.

El candidato ha mostrado un buen conocimiento del problema, y ha aprendido a manejar ciertas herramientas necesarias, como programar y manejar PsychoPy, así como a analizar los datos resultantes del experimento. La tesis deja varias preguntas abiertas, pero Zules Triviño muestra haber adquirido las capacidades necesarias para llevar a cabo la investigación en etapas futuras

de su desarrollo académico y por lo tanto considero que su tesis puede ser defendida satisfactoriamente.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente



Miguel Ángel Sebastián
Investigador Titular A
Instituto de Investigaciones Filosóficas
Universidad Nacional Autónoma de México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Mtra. Angélica Fabiola Sánchez Gutiérrez
Jefa de Programas Educativos del CINCCO
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de Morelos

Centro de Investigación
en Ciencias

Laboratorio de Robótica
Cognitiva

Voto aprobatorio

Bruno Lara
bruno.lara@uaem.mx
<http://www.fc.uaem.mx/bruno/Default.htm>

Fecha: 13.02.2019

Estimada Mtra. Sánchez:

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis "*Efectos del contexto predictivo en la rivalidad binocular*" que presenta el alumno:

Andrés Fernando Zules Triviño

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi voto aprobatorio para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El alumno llevo acabo una investigación multidisciplinaria en torno a un fenómeno de percepción visual, la rivalidad binocular. La tesis, escrita en formato de artículo, refleja que el alumno tiene un excelente manejo de la literatura relevante del tema. Los experimentos que llevo a cabo contribuyen de manera significativa al estado del arte, éstos, fueron llevados a cabo con un alto rigor científico. El análisis de los datos, de la misma manera, apunta a que el alumno tuvo una exitosa formación multidisciplinaria. Estamos convencidos de que el trabajo de Andres puede

Dirección:
UAEM
Av. Universidad 1001
Col. Chamilpa
Cuernavaca, Morelos, C. P.
62209
MÉXICO
Teléfono +52 (0) 777 3297020
Fax +53 (0) 777 3297040

**Universidad Autónoma
del Estado de Morelos**

*Centro de Investigación
en Ciencias*

*Laboratorio de Robótica
Cognitiva*

ser publicado en una revista de investigación de alto impacto en el área.

Sin mas por el momento, le hago llegar un cordial saludo.

Bruno Lara Guzmán



Bruno Lara
bruno.lara@uaem.mx
<http://www.de.uaem.mx/bruno/Default.htm>

13/02/2019

Mtra. Angélica Fabiola Sánchez Gutiérrez
Jefa de Programas Educativos
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis "**Efectos del contexto predictivo en la rivalidad binocular**" que presenta el alumno:

Andrés Fernando Zules Triviño

para obtener el grado de Maestro/a en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

La tesis demuestra que el alumno tiene un amplio conocimiento del tema el cual se refleja en su capacidad para abstraer los puntos más relevantes sobre la literatura. En este sentido, el alumno planteó un problema que buscó resolver la principal controversia del fenómeno en cuestión. El alumno desde el inicio de su proyecto de investigación mostró interés y esfuerzo para adentrarse a distintas áreas de las Ciencias Cognitivas para desarrollar su trabajo. Sin duda, su arduo trabajo y dedicación se observa en la tesis que desarrolló la cual manifiesta su compromiso para cumplir todos los objetivos que se planteó. Los resultados de su trabajo aportan evidencia científica relevante, la cual tiene potencial para ser publicada en una revista de alto impacto.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente


Mtra. Alejandra Ciria Fernández Varela

Facultad de Psicología UNAM