

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO



**Sacadas repetidas y estimulación táctil bilateral, formas de
afectar procesos atencionales.**

CLAUDIO ANTONIO PEÑAFIEL POBLETE

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN NEUROCIENCIAS**

Director de Tesis: Prof. Dr. Pablo Gaspar R.

2017

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

INFORME DE APROBACION TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina,
que la Tesis de Magister presentada por el candidato

CLAUDIO ANTONIO PEÑAFIEL POBLETE

**ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como
requisito para optar al Grado de Magister en Neurociencias en el
Examen de Defensa de Tesis rendido el día 31/07/2017**

Prof. Dr. Pablo Gaspar R

Director de Tesis

**Laboratorio de psiquiatría traslacional, Clínica Psiquiátrica Universitaria, Universidad
de Chile**

COMISION INFORMANTE DE TESIS

Prof. Dr. Carolina Delgado D. Prof. Dr. José Ignacio Egaña T.

Prof. Dr. Pedro Maldonado A

Presidente Comisión.

Dedicatoria.

A Catherina y a mi madre.

Agradecimientos.

Para comenzar quisiera agradecer a el profesor Pablo Gaspar por su orientación, paciencia y compromiso en la realización de esta tesis. Por medio de él también agradecer a los miembros del Psiquislab, en especial a Belén Aburto y Pablo Oyarzo por las largas tertulias inspiradoras.

También quiero agradecer a mi amigo y maestro Jong bor lee, quien desinteresadamente, con una paciencia envidiable y compromiso pocas veces visto, me aconsejo y orientó en el desarrollo los scripts necesarios para el análisis de los datos de esta tesis.

Finalmente quiero agradecer a Catherina ya que sin su amor y comprensión no hubiese logrado finalizar este trabajo, gracias por todo el tiempo que me cediste para que pudiera dedicarme a este trabajo.

INDICE.

Resumen	9
Abstract.....	10
1. Introducción.....	11
2. Efectos del movimiento bilateral ocular (EBO) en la cognición.....	13
2.1. Efectos de EBO en la memoria y atención.....	13
3. Atención y conducta pupilar	15
4. Hipótesis.....	21
5. Objetivos.....	21
5.1 Objetivo general.....	21
5.2 Objetivos específicos.....	21
6. Materiales y métodos.....	22
6.1 Participantes.....	22
6.2 Condiciones de estimulación	22
6.3 Tarea.....	23
6.4 Procedimiento.....	24
6.5 Procesamiento de datos.....	26
7. Resultados.....	27
7.1 Tiempos de respuesta total.....	27
7.2 Correlaciones entre promedio y autoevaluación.....	29
7.3 Dilatación Pupilar.....	31
7.3.3 Dilatación pupilar red control atencional.....	31
7.3.4 Comparación entre las pupilas frente al target incongruent.....	36
8. Dicsión.....	39

8.1 Tiempo de respuesta.....	39
8.2 Conducta pupilar y atención.....	41
8.3 Limitaciones.....	42
9. Conclusión.....	42
10. Bibliografía.....	43
11. Apéndices 1.....	51
12. Apéndice 2.....	52

Índice de figuras.

Figura 1. Imagen esquemática de la estimulación bilateral ocular.....	12
Figura 2. Esquema de la tarea Attentional Network Test (ANT).....	15
Figura 3. Patrón de dilatación pupilar para la red atencional de alerta.....	18
Figura 4. Patrón de dilatación pupilar para la red atencional de orientación.....	18
Figura 5. Patrón de dilatación pupilar para la red atencional de control.....	19
Figura 6. Esquema de presentación de los estímulos de ANT-R.....	23
Figura 7. Esquema referencial de distribución de las condiciones.....	24
Figura 8. Esquema referencial de una sesión.....	25
Figura 9. Porcentaje de respuesta total.....	27
Figura 10. Tiempos de reacción promedio por condición.....	27
Figura 11. Correlación autoevaluación/promedio condición vertical.....	29
Figura 12. Correlación autoevaluación/promedio condición táctil.....	29
Figura 13. Correlación autoevaluación/promedio condición horizontal.....	30
Figura 14. Correlación autoevaluación/promedio condición fijo.....	30
Figura 15. Dilatación pupilar de la red control en la condición fijo.....	32
Figura 16. Dilatación pupilar de la red control en la condición táctil.....	33
Figura 17. Dilatación pupilar de la red control en la condición horizontal.....	35
Figura 18. Dilatación pupilar de la red control en la condición vertical.....	36
Figura 19. Dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y fijo.....	36
Figura 20. Dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y horizontal.....	37

Figura 21. Dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y vertical.....38

Tabla 1. Comparación por pares entre las distintas condiciones.....28

Resumen.

Se encuentra establecido que la cognición ejerce efectos en el movimiento, pero no se encuentra completamente si el movimiento tiene efectos sobre la cognición. El "Eye Movement Desensitization and Reprocessing" (E.M.D.R.) es una terapia no verbal, en la cual el terapeuta realiza movimientos de sus dedos de manera bilateral, los cuales deben ser seguidos por el movimiento de los ojos de del paciente. Muchos estudios han mostrado una asociación entre procesos cognitivos como la atención y el movimiento bilateral en esta terapia, sin embargo, los mecanismos cerebrales que explican esta asociación, no se encuentran comprendidos.

Recientemente se ha empezado a entender como el cambio en el diámetro pupilar puede ser un marcador no-invasivo y fiable para distinguir distintas redes atencionales y por lo tanto un buen blanco para entender los mecanismos subyacentes del E.M.D.R.

En el presente estudio, se comparó el tiempo de respuesta de 21 personas frente a cuatro tipos de estimulación (estimulación bilateral táctil, horizontal, vertical, y sin movimiento) que respondieron el ANT-R; los resultados mostraron una disminución significativa de los tiempos de reacción cuando los sujetos fueron estimulados táctilmente; esta disminución del tiempo no se vio reflejada en un cambio en el diámetro pupilar.

Abstract.

It is established that cognition exerts effects on movement, but is not completely found if movement has effects on cognition. The "Eye Movement Desensitization and Reprocessing" (E.M.D.R.) is a non-verbal therapy, in which the therapist performs bilateral finger movements, which must be followed by the patient's eye movement. Many studies have shown an association between cognitive processes, such as attention, and bilateral movement in this therapy. However, the brain mechanisms that explain this association are not understood.

Recently it has begun to understand how the change in the pupillary diameter can be a non-invasive and reliable marker to distinguish different attentional networks and therefore a good target to understand the underlying mechanisms of E.M.D.R.

In the present study, the response time of 21 individuals was compared to four types of stimulation (bilateral tactile stimulation, horizontal, vertical, and no movement) that responded to ANT-R; The results showed a significant decrease in reaction times when subjects were tactilely stimulated; This decrease in time was not reflected in a change in the pupillary diameter.

1. Introducción.

El abordaje psicoterapéutico clásico ha tenido como dogma central el uso del lenguaje como eje fundamental de su quehacer terapéutico. Sin embargo, solo recientemente se ha comenzado a aplicar una serie de técnicas psicoterapéuticas que ocupan otros estímulos sensoriales distintos al lenguaje. Es así como han surgido técnicas como el mindfulness, que ocupa la propiocepción e interocepción como eje terapéutico y más recientemente el Eye movement desensitization and reproccesing (E.M.D.R.) que ocupa el seguimiento ocular como eje terapéutico.

Extensa literatura ha mostrado la eficacia del E.M.D.R. para el tratamiento del estrés post traumático. En dos meta análisis (Bisson et al., 2007; Bradley, Greene, Russ, Dutra, y Westen, 2005) mostraron que el EMDR es eficaz al igual que terapias clásicas eficaces en estas patologías como, por ejemplo: las terapias de exposición. Actualmente los protocolos de tratamiento de este tipo de patologías recomiendan el abordaje terapéutico en conjunto de ambas técnicas como tratamiento para el estrés post traumático (Foa, Keane, Friedman, y Cohen, 2009; National Institute for Clinical Excellence, 2005). En un reciente meta análisis (Chen Y-R, 2014) muestra que el tratamiento con E.M.D.R. reduce significativamente los síntomas del estrés post traumático y de trastornos de ánimo.

El E.M.D.R. es una terapia que requiere varios elementos como por ejemplo, atención, conciencia somática, asociación libre, reestructuración cognitiva y condicionamiento. Estos procesos interactúan entre sí para crear el efecto logrado (Gunter & Bodner, 2009; Solomon & Shapiro, 2008). En la práctica clínica, el E.M.D.R. consiste en un protocolo estructurado de 8 fases desarrollado por Francine

Shapiro (Shapiro, 1989), en la cual los pacientes deben mantener un recuerdo traumático mientras se realizan movimientos oculares bilateralmente también denominada estimulación bilateral (EB), esta EB puede ser mediante movimientos oculares horizontales izquierda-derecha (EBO), auditiva bilateral, es decir un clic o tono alternadamente en cada oído (EBA), o EB táctil, es decir, alternado ambos hemisferios (EBT).

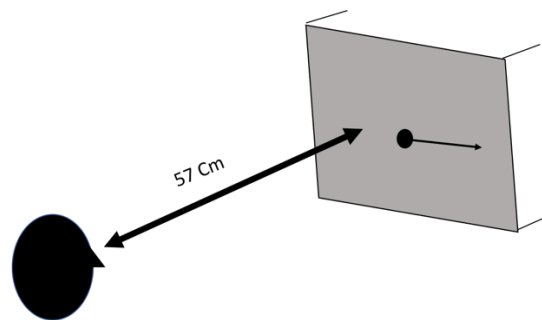


Figura 1: Imagen esquemática de la estimulación bilateral ocular (EBO). La estimulación bilateral táctil (EBT) consiste en dar toques alternadamente en las manos puestas en las rodillas. La estimulación bilateral auditiva consiste en entregar un “click” o pulso alternadamente en los oídos.

Este tipo de movimiento o estimulación bilateral y especialmente EBO es el que mayor atención ha tenido en la literatura científica. Si bien el objetivo de conocer cuál es la contribución del movimiento ocular en el proceso, sin embargo, a pesar de esta evidencia, no se sabe con certeza qué rol juegan los movimientos oculares, de qué manera estos contribuyen a la eficacia del tratamiento y con menos claridad aun, cuáles son los mecanismos y redes cerebrales que participan. Por ejemplo, se ha

demostrado que en una sesión de E.M.D.R, la EBO conduce a una reducción de la angustia en comparación con E.M.D.R – sin EBO (Lee & Drummond, 2008; Wilson, Covi, y Foster, 1996). Otros investigadores han informado que E.M.D.R.- con o sin EBO llegan a los mismos resultados (Pitman et al., 1996; Renfrey y Spates, 1994). Davidson y Parker (2001) emplearon un meta análisis para evaluar solo el impacto de EBO en E.M.D.R. y no el resto de los elementos (mencionados anteriormente). En este meta análisis sólo encontraron efectos marginales de EBO en poblaciones con patología.

Si bien este abordaje terapéutico asume un papel fundamental de los movimientos oculares en los resultados de la terapia, surge la pregunta ¿cuál es el efecto de la estimulación bilateral en procesos cognitivos?

2. Efectos del movimiento bilateral ocular (EBO) en la cognición.

2.1 Efectos de EBO en la Memoria

Durante los últimos años ha aumentado el interés por determinar el efecto de la EB en procesos cognitivos y de esta manera ver como contribuye en los efectos terapéuticos. Se ha mostrado que al evocar recuerdos o experiencias negativas de la vida de una persona al realizar EBO (manteniendo el recuerdo en mente), estos reducen su intensidad y emocionalidad luego de la estimulación (Andrade, Kavanagh, y Baddeley, 1997; Barrowcliff, Gris, MacCulloch, Freeman, y MacCulloch, 2004; Gunter y Bodner, 2008; Kavanagh, Freese, Andrade, y May, J. 2001; Maxfield, Melnyk, y Hayman, 2008; van den Hout, Muris, Salemink, y Kindt, 2001).

También se han estudiado qué efectos tiene la EBO, en procesos de recuperación de memoria episódica. Se ha visto un aumento significativo en la recuperación de palabras memorizadas previamente frente a palabras falsas (Christman, Garvey, Propper, y Phaneuf, 2003; Christman, Propper, y Dion, 2004; Propper y Christman, 2008) así como también aumenta la precisión de lo recordado (Christman et al., 2004; Lyle, Logan, y Roediger, 2008; Parker, Relph, y Dagnall, 2008). En relación a otros procesos cognitivos la EBO ha demostrado que mejora el tiempo de respuesta de orientación, flexibilidad cognitiva y semántica (McCulloch y Feldman, 1996; Kuiken, D., Bears, M., Miall, D., & Smith L., 2001 - 2002). Por otro lado como también se observado una disminución en el tiempo de respuesta en tareas que requieran control atencional o requieren de la participación de la red de control ejecutivo (J.M. Edlin, K.B. Lyle, 2013). Estos últimos resultados apoyan los observados por Lyle y Martin (2010) en los cuales, muestran que al ejecutar movimientos oculares bilaterales durante 30 segundos, estos mejoran la ejecución conductual al realizar una tarea de control atencional. Según explican los autores, los sujetos mejorarían su ejecución conductual por que existiría una activación de una red fronto-parietal, que incluiría el campo frontal del movimiento de los ojos, surco intraparietal y el lóbulo parietal superior (Corbetta y Shulman, 2002). La importancia de estos hallazgos, según los autores, es que establece un mayor control atencional como un mecanismo potencial para los casos mencionados anteriormente en relación a la influencia de la EBO en otros procesos cognitivos.

3. Atención y conducta pupilar.

Como se ha comentado previamente, los estudios muestran que la EBO reduce los tiempos de respuesta frente a tareas que requieran control atencional. sin embargo, estos no cuentan con registros de actividad psicofisiológica. Este tipo de actividad permitiría tener una medida precisa respecto a cuál es el efecto de la estimulación bilateral ocular sobre la atención visual, además de entregar una aproximación a los mecanismos cerebrales que median los resultados en los tiempos de respuesta. En esta línea, existe evidencia que la conducta pupilar cambia según la red atencional que participe. Por ejemplo, Ronny Geva et cols 2013. propone que existen patrones específicos en la reactividad pupilar para las distintas redes atencionales que operacionaliza Posner y Petersen en 1990, estas redes se definen como: (a) red alerta: que estaría implicada en el mantenimiento de un estado de preparación general, necesario para detectar estímulos esperados; (b) orientación: que permitiría la identificación específica de fuentes de estímulos potencialmente relevantes para la conducta; y (c) *control atencional* o *ejecutiva*, involucrada en el control voluntario del procesamiento ante situaciones que requieren algún tipo de planificación, desarrollo de estrategias, resolución de conflictos, o circunstancias que impliquen la generación de una respuesta novedosa. (para su operacionalización ver figura 2).

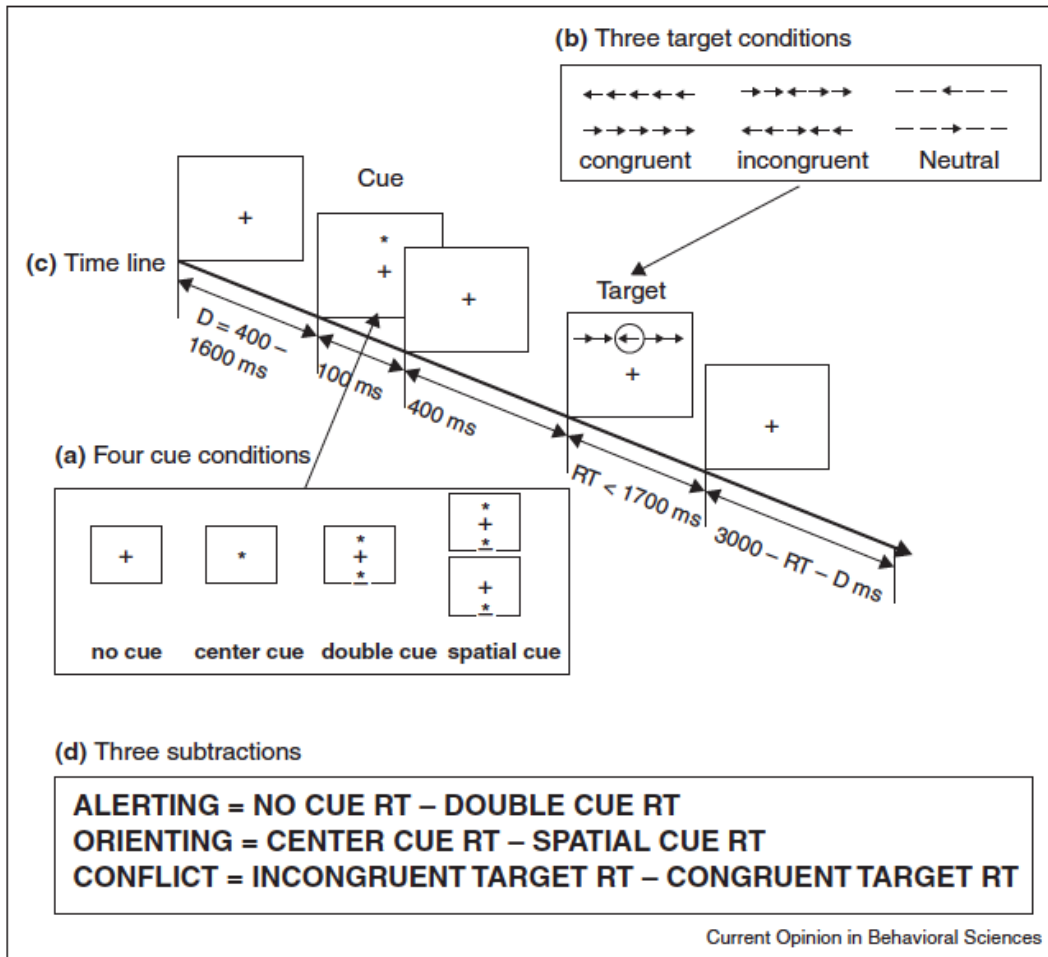


Figura 2: Esquema de la tarea Attentional Network Test (ANT).

Geva 2013, muestra como la conducta pupilar cambia en función de la configuración de los estímulos que componen el Attentional Network task (fig. 2) en un grupo de 27 personas sanas, definiendo un patrón determinado para cada conjunto de estímulos que constituyen una red (Fig. 3: muestra la conducta pupilar de la red alerta; Fig. 4: muestra la conducta pupilar para la red orientación; Fig. 5: muestra la conducta pupilar para la red de control atencional).

Argumenta que existe una interacción única entre reacciones cognitivas y autonómicas noradrenergicas, caracterizadas por las diferencias espacio temporales de la amplitud de las curvas donde la amplitud que ocurre a unos 300 ms después del cue (si se percibe), representa el reclutamiento de recursos autonómicos requeridos para alertar. Lo anterior es seguido por una mirada abierta dirigida al objetivo, iniciando una respuesta motora hacia este, que a su vez activa el inicio de un marcado aumento de la amplitud de la curva posterior que es dependiente del esfuerzo y al parecer de la decisión tomada. Esto es compatible con estudios del Locus Coeruleus (LC) en monos que indican que la respuesta fásica de LC es impulsada por procesos de toma de decisiones que sirven para facilitar la respuesta una vez que se ha tomado una decisión. (Clayton et al., 2004). Además, la descarga fásica permite el desempeño de tareas enfocadas mediante el filtrado de estímulos irrelevantes y está estrechamente asociada con respuestas de comportamiento altamente precisas (Aston-Jones y Cohen 2005). Por el contrario, los altos niveles de descarga tónica de LC, por ejemplo, en respuesta al estrés, provocan excitación conductual y comportamiento exploratorio además de promover distractibilidad y mayor vigilancia para estímulos ambientales irrelevantes.

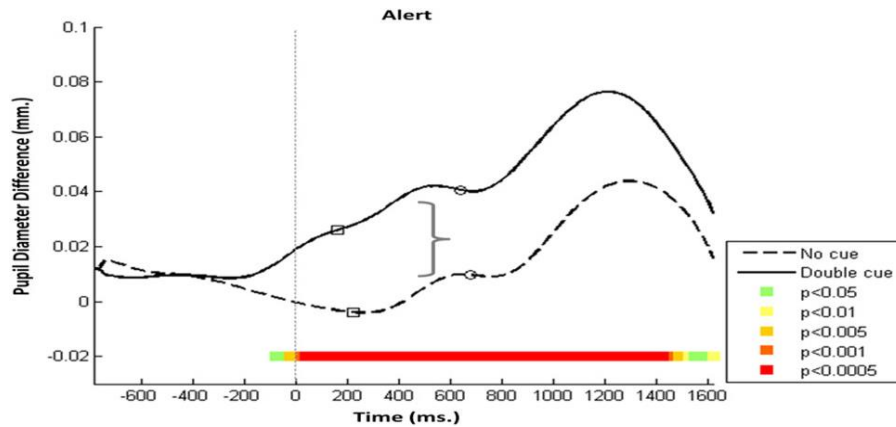


Figura 3: Muestra el patrón de dilatación pupilar para la red atencional de alerta. La línea discontinua muestra el patrón de dilatación pupilar frente a los estímulos de orientación sin clave, la línea continua muestra el patrón de dilatación pupilar frente al estímulo con doble señalización. Cuadro blanco significa fijación de la mirada en el área de interés, círculo blanco significa selección de la respuesta del sujeto mediante un botón.

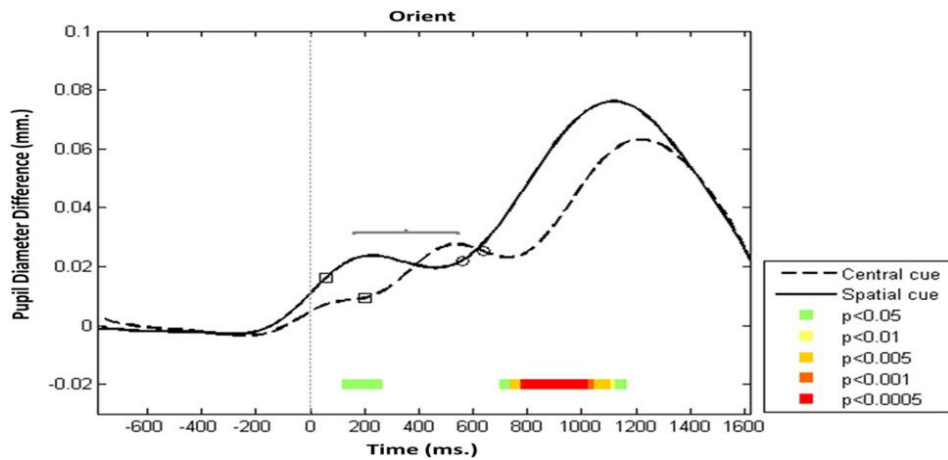


Figura 4: Muestra el patrón de dilatación pupilar para la red atencional de orientación. La línea puntuada muestra la dilatación pupilar frente a estímulos con señal central de ANT, mientras que la línea continua muestra el patrón de dilatación pupilar para los estímulos con señal espacial. Cuadro blanco significa fijación de la mirada en el área de interés, círculo blanco significa selección de la respuesta del sujeto mediante un botón.

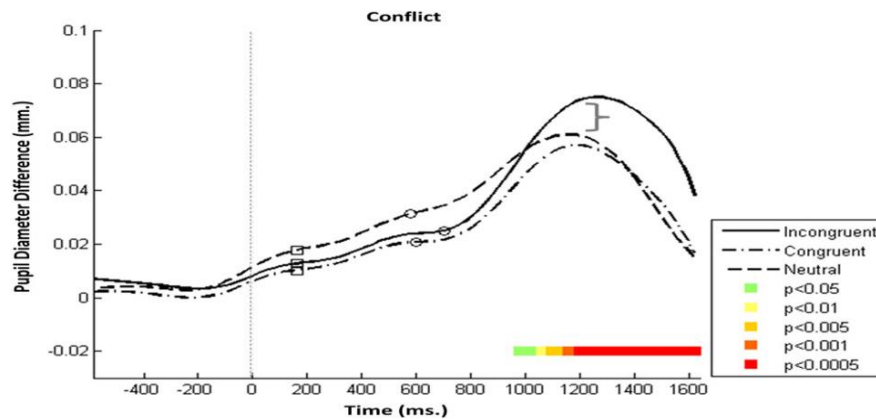


Figura 5: Muestra el patrón de dilatación pupilar de la red de control atencional, la línea discontinua muestra la dilatación frente a estímulos neutral. La línea discontinua con puntos muestra la dilatación pupilar frente a ensayos congruentes, mientras que la línea continua muestra la dilatación pupilar frente a ensayos incongruentes. Cuadro blanco significa fijación de la mirada en el área de interés, círculo blanco significa selección de la respuesta del sujeto mediante un botón.

Los estudios hasta el momento responden de forma parcial la pregunta sobre si el movimiento afecta la cognición, específicamente memoria episódica y el control atencional. Está evidencia no es suficiente ya que los modelos experimentales utilizados no controlan satisfactoriamente la variable movimiento, por lo que no queda claro si es el movimiento bilateral horizontal el que explica el efecto o es el movimiento ocular en general, por otro lado, tampoco existe evidencia sobre los efectos de las otras modalidades sensoriales usadas en E.M.D.R. a pesar que presentan la misma eficacia en el tratamiento del trastorno por estrés post traumático. por último, tampoco han incorporado medidas psicofisiológicas específicas que logren orientar cuales son los mecanismos cerebrales que median los resultados.

En resumen, el movimiento ocular horizontal muestra una disminución del tiempo de reacción en tareas que involucran control atencional o ejecutivo. A pesar de la evidencia a favor de EBO en la cognición, se desconoce si este efecto es restringido solo al movimiento ocular o se puede generalizar a otras modalidades sensoriales.

En relación a lo expuesto anteriormente, la intención del presente estudio es evaluar el efecto de los movimientos sacádicos en el control atencional además de incorporar la modalidad sensoperceptiva comparando la ejecución conductual (tiempo de reacción) de una tarea de atención y el patrón de dilatación pupilar frente a estímulos que componen las distintas redes.

4. Hipótesis.

El cambio en el control atencional depende de la estimulación (táctil) bilateral y del movimiento coordinado (movimiento ocular). Este cambio en el control atencional se reflejaría en un cambio en la actividad autonómica (medido mediante la dilatación pupilar) frente a estímulos que requieran mayores recursos atencionales y en el rendimiento conductual (medido mediante el tiempo de respuesta).

5. Objetivos.

5.1 Objetivo general.

Determinar los efectos de la estimulación (táctil) bilateral y el movimiento coordinado, en el desempeño de tareas que requieran control atencional.

5.2 Objetivos específicos.

- 1) Determinar si existen diferencias significativas en el tiempo de respuesta del control atencional entre las diferentes condiciones.
- 2) Determinar si existen diferencias en la actividad autonómica (patrón de dilatación pupilar) de cada condición en las distintas redes.
- 3) Correlacionar los cambios en el rendimiento del control atencional, (tiempo de respuesta) en la actividad autonómica (patrón de dilatación pupilar).
- 4) Correlacionar el desempeño subjetivo del sujeto con el desempeño conductual frente a ANT-R.

6. Materiales y métodos.

6.1 Participantes

Se reclutaron 21 voluntarios divididos en 13 mujeres y 8 hombres, con edades entre los 18 a 40 años; promedio 23,2 años, $ds = 5,6$, todos presentaron menos de 73 puntos en el cuestionario OQ 45.2 versión chilena, que evalúa sintomatología ansiosa y depresiva (Von Bergen, 2002), ninguno de los participantes reportó déficit visual como astigmatismo y miopía ni tampoco consumo de psicotrópicos.

Todos los participantes desconocían el propósito del estudio y firmaron un consentimiento informado antes de participar en el experimento. El proyecto N° 108 – 2016 fue aprobado por la comisión de Bioética de la Facultad de Medicina.

6.2 Condiciones de estimulación.

Se plantea una condición experimental y tres condiciones controles. La condición experimental, (denominada como horizontal) consiste en el seguimiento de un círculo de 1° visual de diámetro con un movimiento desde el centro de la pantalla 13° visuales a izquierda y derecha, durante 60 segundos; La condición control fijo consiste en presentar el mismo círculo de la condición anterior, pero sin movimiento; la condición control vertical consiste en el mismo círculo que la condición experimental pero con movimiento vertical desde el centro hacia arriba de 7,5° visuales y de la misma manera hacia abajo; por último la condición control táctil consiste en recibir una vibración alternado izquierda y derecha en la palma de la mano con el sistema Neurotek tac/audio scan®. Luego de cada condición los

participantes tendrán que responder el Attentional Network Task revised (fig. 6: ANT-R; Jin Fan 2011).

6.3 Tarea.

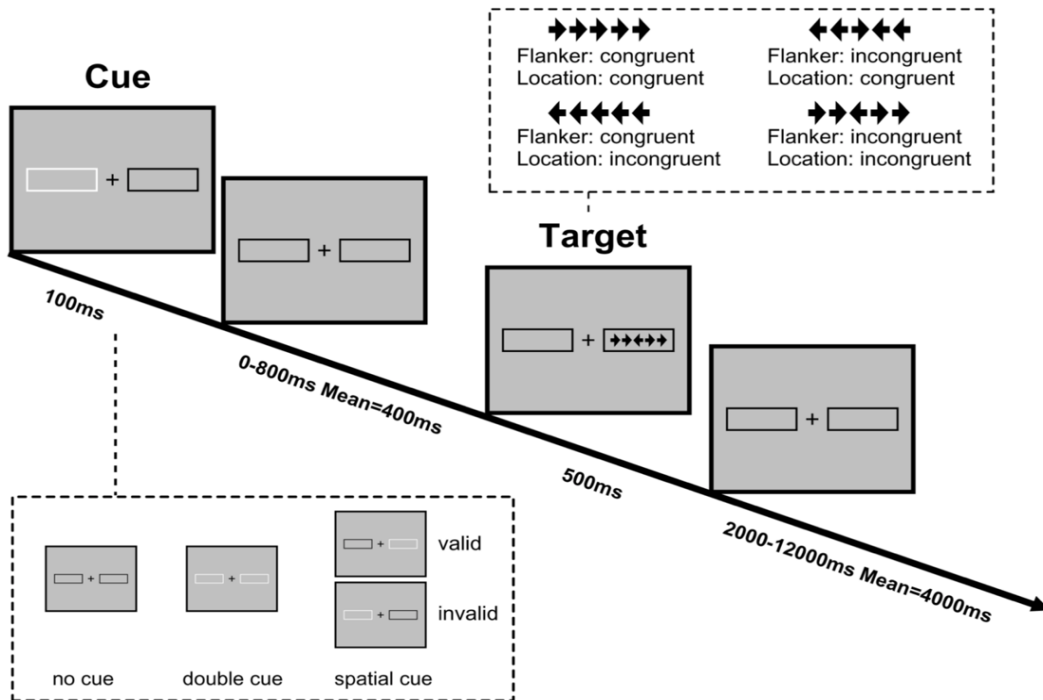


Figura 6: Esquema de presentación de los estímulos de ANT-R.

La tarea ANT-R se modificó de la programación del ANT en Python de Bækgaard 2015, extraído del repositorio <https://github.com/baekgaard/ant> y fue utilizado el software Psychopy para la presentación y grabación de respuestas.

Cada ensayo del ANT-R involucró la presentación de una flecha objetivo (Véase la Fig. 7 para un ensayo de ejemplo). Dos flechas que aparecen a ambos lados de la flecha objetivo (flecha central). Las direcciones de las flechas eran congruentes o incongruentes con el objetivo. Las flechas objetivo podían aparecer a la izquierda o a la derecha de una cruz de fijación central durante 500 ms. La posible

ubicación de las flechas podía ser o no indicada con un flash blanco en los rectángulos durante 100 ms. La aparición de las flechas objetivos podía demorar 0ms, 400 ms o 800ms luego de la aparición del flash. En total el ANT-R está compuesto por 24 trials de practica y la tarea por cuatro bloques de 72 trials.

6.4 Procedimiento.

Los sujetos fueron asignados de forma aleatoria a las condiciones descritas anteriormente (diseño contrabalanceado). El procedimiento consistió en recibir durante un minuto la estimulación entre cada bloque del ANT-R.

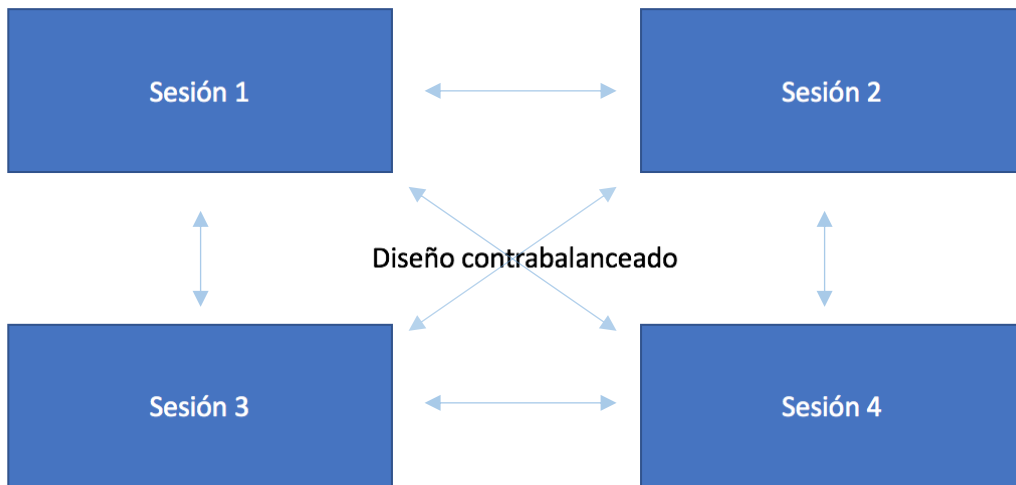


Figura 7: Esquema referencial de distribución de las condiciones.

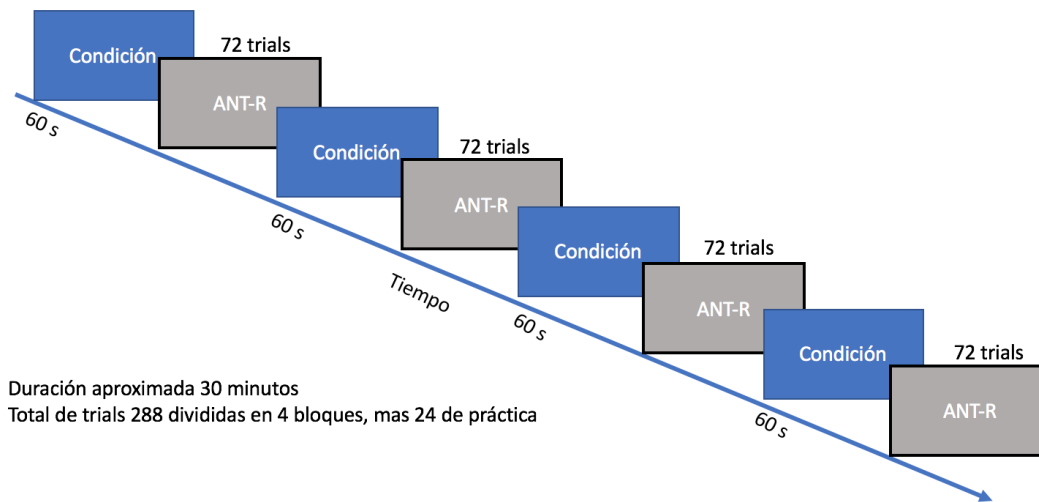


Figura 8: Esquema referencial de una sesión.

La tarea se realizó frente a una pantalla de 42 pulgadas a 57 centímetros de distancia de los ojos, para todos los grupos se controlaron parámetros de luminosidad, brillo, contraste y distancia del monitor según la norma ISO9000 para evitar inducir fatiga visual y que esto interfiera en el desempeño de la tarea.

Durante la ejecución de la tarea se registró de forma continua el comportamiento ocular y dilatación de la pupila con el sistema de eyetracking Eyelink II a 500Hz.

Por último, se incorporó autoevaluación que indica el desempeño subjetivo de los participantes al finalizar la sesión. La escala presentaba la siguiente valoración; 5: buen desempeño, 4: buen desempeño con errores mínimos, 3: desempeño regular, 2: desempeño insuficiente y 1: mal desempeño.

6.5 Procesamiento de datos.

Los datos seleccionados del ANT-R fueron los tiempos de respuesta frente a las flechas incongruent ya que son el componente principal de la red de control atencional. Los datos de tiempo de respuesta fueron analizados con el paquete estadístico SPSS. Para compara los resultados por condición se utilizó la prueba de ANOVA de medidas repetidas de un factor.

Fue generada una base de datos en Postgresql y se programaron script en Python 2.7 para analizar los patrones de dilatación pupilar. Para este análisis fueron seleccionados los trials con duración de cue de 400 ms que configuran cada red atencional por condición.

Con una ventana temporal de 2,8 segundos fueron seleccionadas las pupilas que entregaron la mayor cantidad de información, para que a continuación se aplicara un filtro Lowpass a 3Hz máximo, luego normalizados en puntaje Z para ser promediados. La comparación estadística se realizó punto a punto por toda la ventana temporal seleccionada, con la prueba de T student para muestras relacionadas, para luego comparar mediante la prueba de T student, la integral de las ventanas temporales más extensas significativas de cada curva.

7. Resultados.

7.1 Tiempos de respuesta total.

Los resultados que se presentarán a continuación, son los tiempos de respuesta a flechas incongruent (ver fig. 6 para un esquema de referencia).

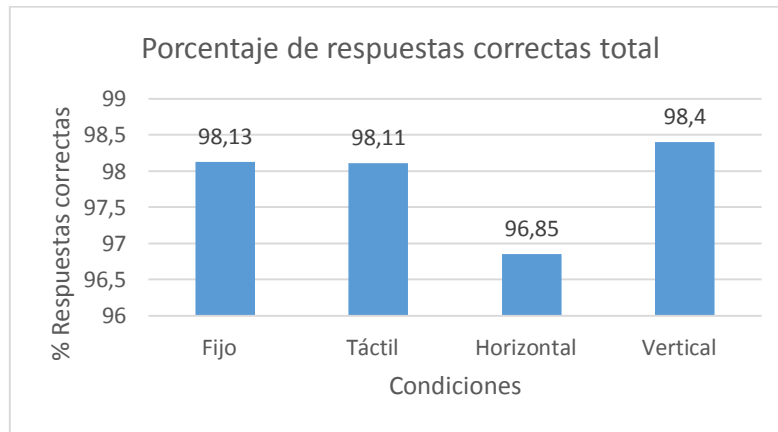


Figura 9: Muestra el porcentaje de respuestas correctas del total de participantes frente a las flechas incongruent.

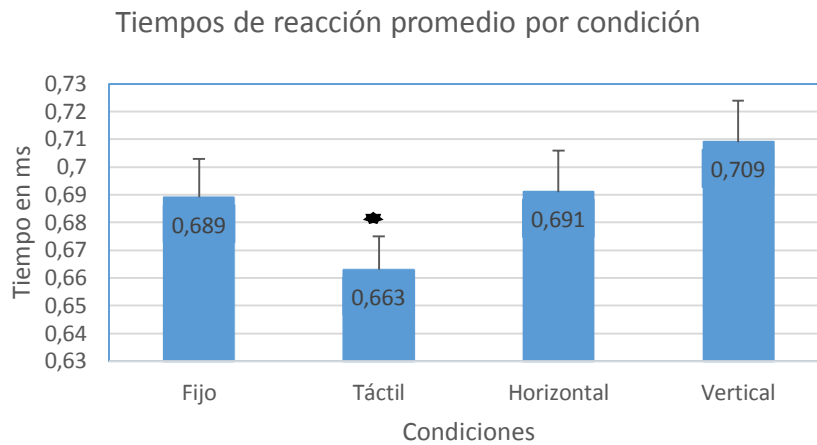


Figura 10: Muestra los promedios de cada condición frente a la configuración incongruente.

Los resultados del test ANOVA de medidas repetidas se reporta desde una aproximación de esfericidad asumida, ya que el test de esfericidad de Mauchly indica

que el supuesto de esfericidad se cumple para el efecto de las condiciones en el tiempo de respuesta ($X^2(5) = 8,87, p > 0,05$) (para un análisis por sexo ver anexo).

La figura 9 muestra que el tiempo de reacción se ve afectado por las distintas condiciones, en la prueba ANOVA de medidas repetidas mostrando diferencias significativas entre las condiciones. $F(3, 60) = 6,76, p < 0,05 N_p^2 = 0,25$.

Comparaciones por pares						
Medida: Tiempos de reacción						
Condición	Condición	Diferencia de medias	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Fijo	Táctil	,027*	,007	,006	,006	,048
	Horizontal	-,001	,008	1,000	-,026	,024
	Vertical	-,020	,012	,670	-,055	,015
Táctil	Fijo	-,027*	,007	,006	-,048	-,006
	Horizontal	-,028*	,010	,048	-,056	,000
	Vertical	-,047*	,012	,006	-,083	-,011
Horizontal	Fijo	,001	,008	1,000	-,024	,026
	Táctil	,028*	,010	,048	,000	,056
	Vertical	-,019	,013	,901	-,056	,018
Vertical	Fijo	,020	,012	,670	-,015	,055
	Táctil	,047*	,012	,006	,011	,083
	Horizontal	,019	,013	,901	-,018	,056

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel

Tabla 1: Muestra la comparación de pares entre condiciones

La tabla 1 muestra la comparación por pares entre las distintas condiciones. La tasa de error fue controlada con la corrección de Bonferroni. El resultado de estas comparaciones indica que la condición táctil reduce significativamente el tiempo de reacción en comparación a las otras condiciones con un $p < 0,05$; en cambio, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las otras condiciones. (para un análisis entre sexos ver anexo 1).

7.2 Correlaciones entre tiempo de respuesta promedio y autoevaluación.

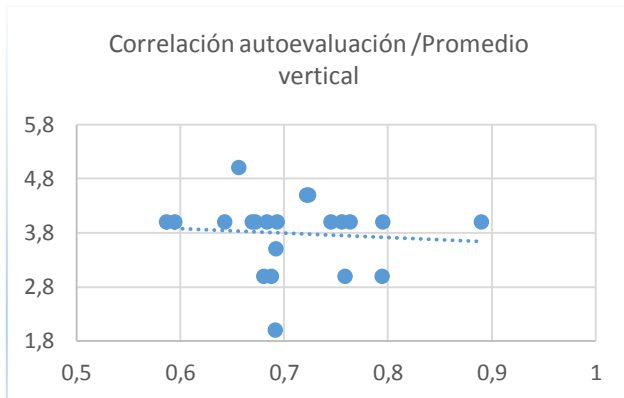


Figura 11: Muestra la correlación entre el tiempo de respuesta promedio vertical de cada sujeto y la autoevaluación.

Correlaciones			
	Vertical	Nota	
Vertical	Correlación de Pearson	1	-,086
	Sig. (bilateral)		,712
	N	21	21
Nota	Correlación de Pearson	-,086	1
	Sig. (bilateral)	,712	
	N	21	21

La figura 11 muestra la dispersión de la autoevaluación de desempeño de los participantes versus el tiempo de reacción promedio de cada sujeto en la condición vertical; $r = -0,086$; $p > 0,05$.

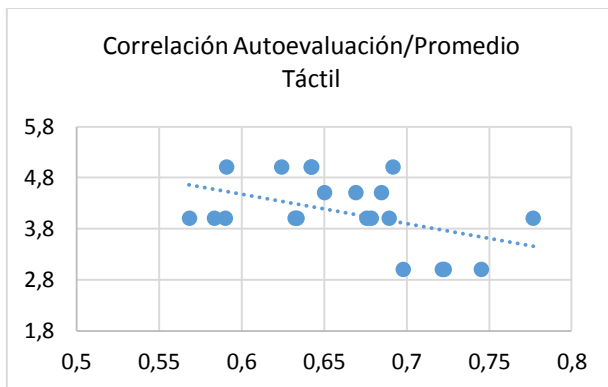


Figura 12: Muestra la correlación entre el tiempo de respuesta promedio táctil de cada sujeto y la autoevaluación.

Correlaciones			
	Táctil	Nota	
Táctil	Correlación de Pearson	1	-,464*
	Sig. (bilateral)		,034
	N	21	21
Nota	Correlación de Pearson	-,464*	1
	Sig. (bilateral)	,034	
	N	21	21

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La figura 12 muestra la dispersión de la autoevaluación de desempeño de los participantes versus el tiempo de reacción promedio de cada sujeto en la condición táctil; $r = -0,464$; $p < 0,05$; $r^2_{xy} = 0,22$ lo que indica que la autoevaluación y el rendimiento comparten un 22% relación.

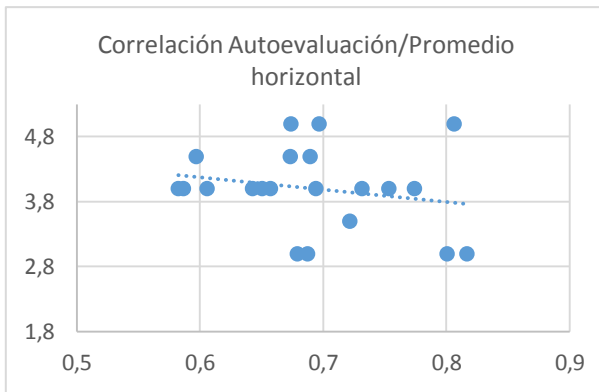


Figura 13: Muestra la correlación entre el tiempo de respuesta promedio horizontal de cada sujeto y la autoevaluación.

Correlaciones			
	Horizontal	Nota	
Horizontal	Correlación de Pearson	1	-,211
	Sig. (bilateral)		,360
	N	21	21
Nota	Correlación de Pearson	-,211	1
	Sig. (bilateral)	,360	
	N	21	21

La figura 13 muestra la dispersión de la autoevaluación de desempeño de los participantes versus el tiempo de reacción promedio de cada sujeto en la condición horizontal; $r = -0,211$; $p > 0,05$.

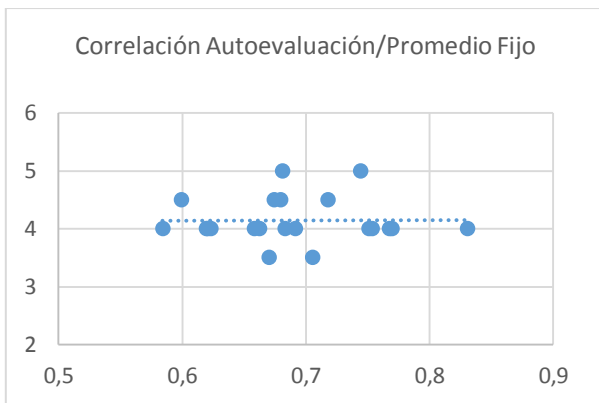


Figura 14: Muestra la correlación entre el tiempo de respuesta promedio fijo de cada sujeto y la autoevaluación.

Correlaciones			
	Control	Nota	
Control	Correlación de Pearson	1	,007
	Sig. (bilateral)		,977
	N	21	21
Nota	Correlación de Pearson	,007	1
	Sig. (bilateral)	,977	
	N	21	21

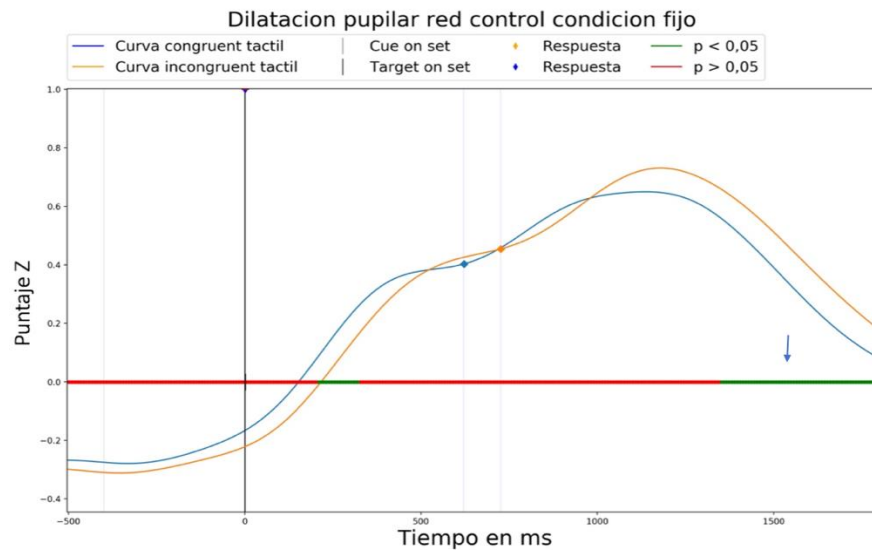
La figura 14 muestra la dispersión de la autoevaluación de desempeño de los participantes versus el tiempo de reacción promedio de cada sujeto en la condición fijo; $r = -0,007$; $p > 0,05$.

7.3 Dilatación Pupilar.

Los siguientes gráficos presentan la dilatación pupilar de la red de control atencional en las distintas condiciones (para un análisis de las distintas redes ver anexo), en ellos se muestra desde los -500 (inicio de trial y a los -400 aparición del cue o señal) hasta los 1800 milisegundos, es decir una ventana temporal de 2300 milisegundos. El tiempo cero muestra el target on set o el conjunto de flechas a las cuales los sujetos deben responder, las líneas azules verticales que se ubican por sobre los 500 milisegundos marca el tiempo de respuesta promedio de los sujetos en la condición según corresponda.

7.3.1 Dilatación pupilar red control atencional.

a)



b)

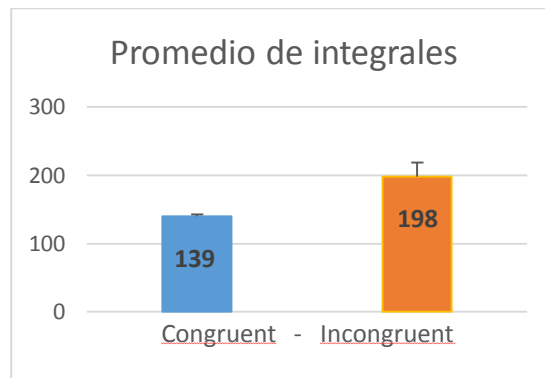
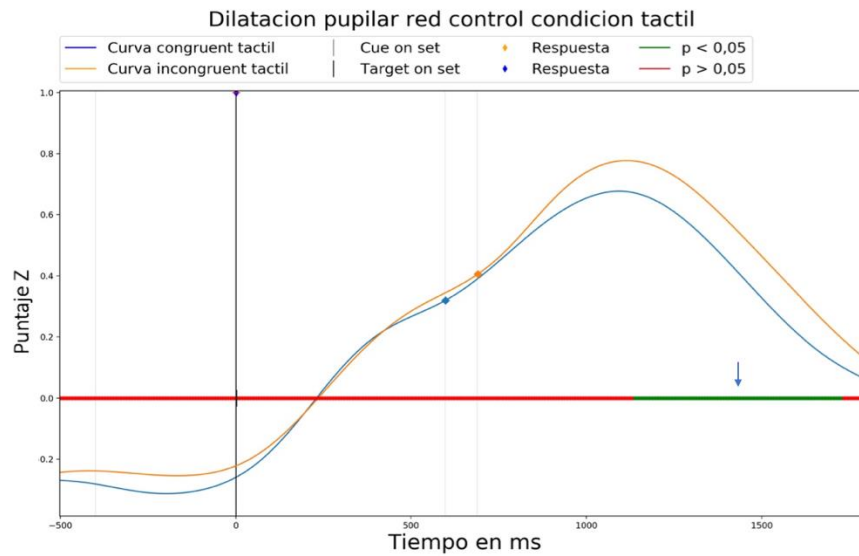


Figura 15: a) Muestra la dilatación pupilar de la red control en la condición fijo. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos. La línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials congruent, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials incongruent. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas de mayor longitud indicada con una flecha arriba/abajo.

La figura 15a representa la dilatación pupilar de la red control en la condición **fijo**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ posterior a la presentación del target por una ventana temporal de 100 ms. También presenta diferencias significativas posterior a la amplitud más alta de la curva incongruent, alrededor de los 1400 ms. Figura 15b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = 2,96$; $p = 0,008$.

a)



b)

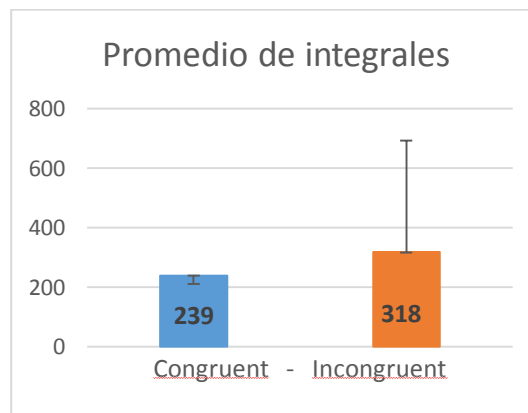
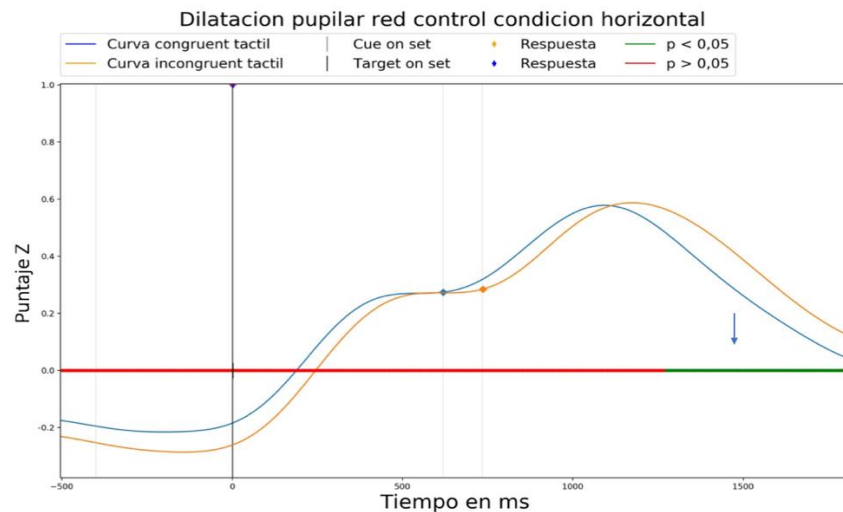


Figura 16: a) Muestra la dilatación pupilar de la red control en la condición táctil. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials congruent, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials incongruent. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde indicada con una flecha arriba/abajo).

La figura 16a representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **táctil**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ desde la mayor amplitud de la curva incongruent. 16b representa

la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal con un $T = 3,04$; $p < 0,006$.

a)



b)

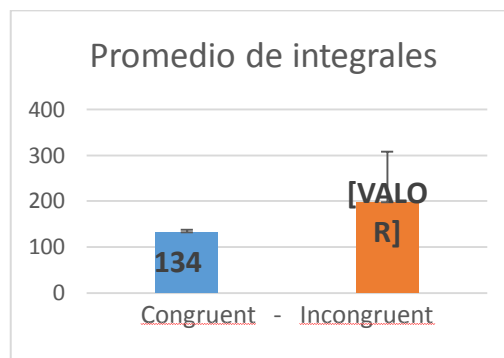
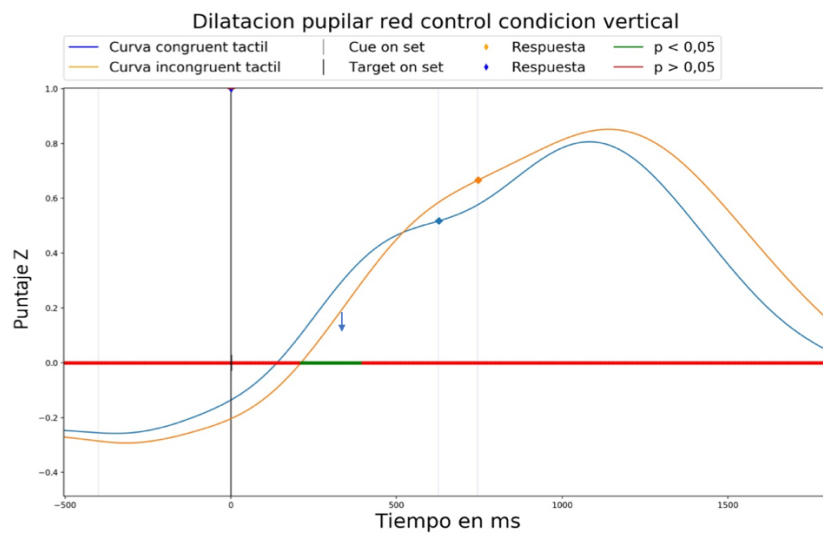


Figura 17: a) Muestra la dilatación pupilar de la red control en la condición horizontal. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials congruent, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials incongruent. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 17a representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **horizontal**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ desde la mayor amplitud de la curva incongruent. Figura 17b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal significativa con un $T = 3,92$; $p = 0,0008$.

a)



b)

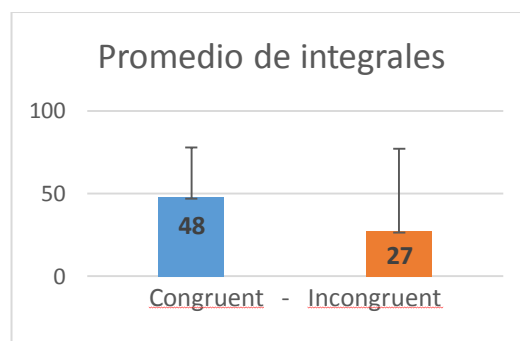


Figura 18: a) Muestra la dilatación pupilar de la red control en la condición vertical. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, ambas curvas muestran la conducta pupilar frente a trials incongruent. b) Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde indicada con una flecha arriba/abajo).

La figura 18a representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **vertical**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ posterior a la presentación del target por una ventana temporal de 100 ms. Sin embargo, no muestra diferencias estadísticamente significativas en la amplitud mayor. Figura 18b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal significativa con un $T = 2,34$; $p = 0,03$. (Para un análisis de la red alerta y orientación ver anexo 2).

7.3.2. Comparación entre las pupilas frente al target incongruent.

A continuación, se realiza la comparación entre las pupilas de las distintas condiciones que mostraron diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de respuesta de todos los sujetos en la prueba ANOVA de medidas repetidas.

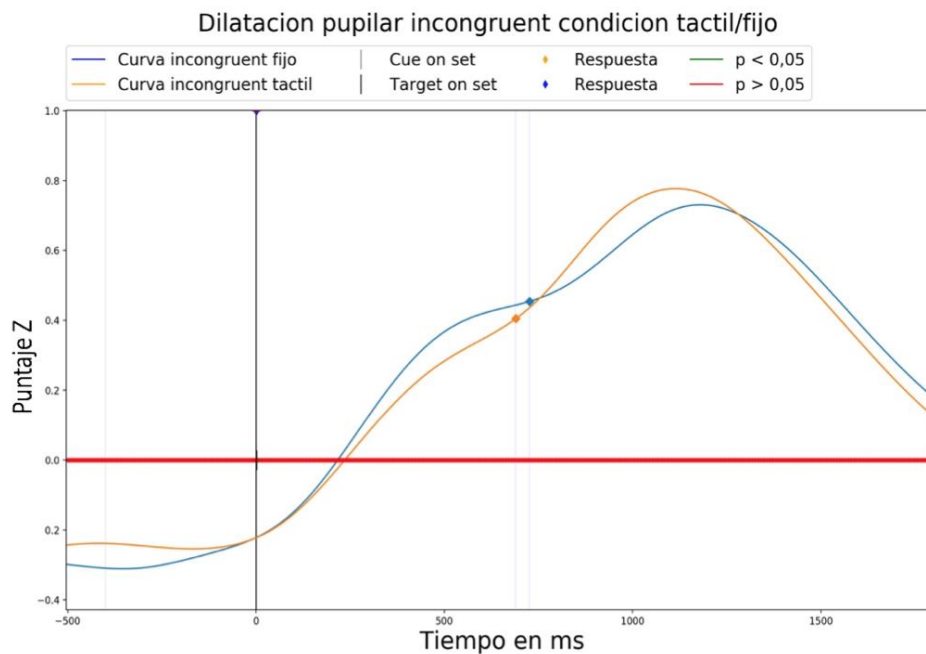


Figura 19: Muestra la comparación de dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y fijo. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul es el comportamiento pupilar de la condición fijo y la curva anaranjada la condición táctil.

La figura 19 representa la diferencia en la dilatación pupilar entre condiciones frente a al target incongruent, la línea horizontal roja indica que no existen diferencias estadísticamente significativas $p > 0,05$.

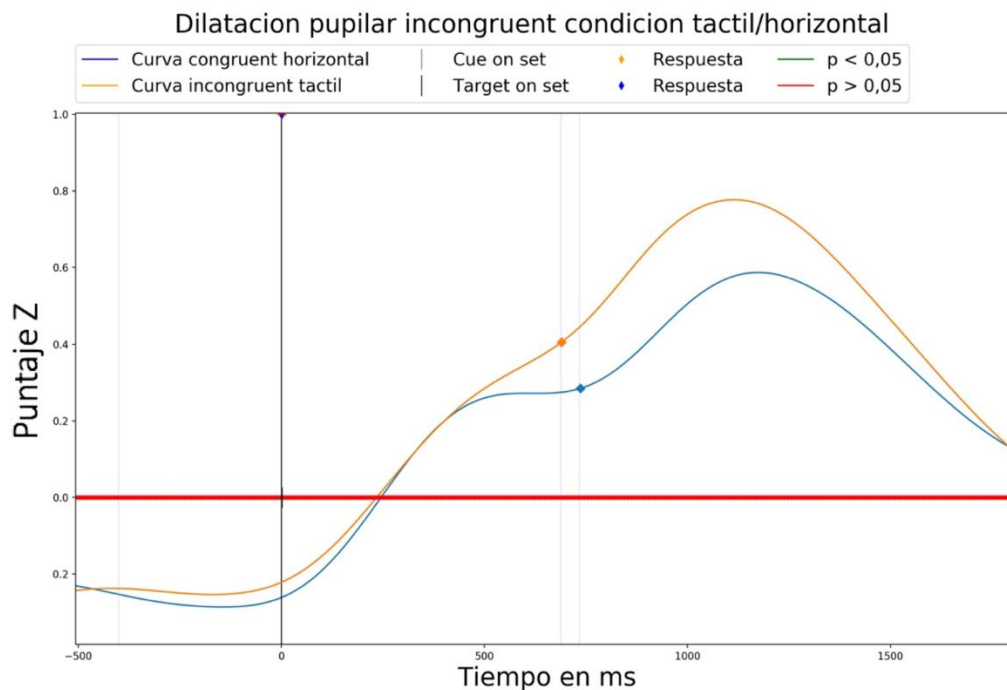


Figura 20: Muestra la comparación de dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y horizontal, El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul es el comportamiento pupilar de la condición horizontal y la curva anaranjada la condición táctil.

La figura 20 representa la diferencia en la dilatación pupilar entre condiciones frente a al target incongruent, la línea horizontal roja indica que no existen diferencias estadísticamente significativas $p > 0,05$.

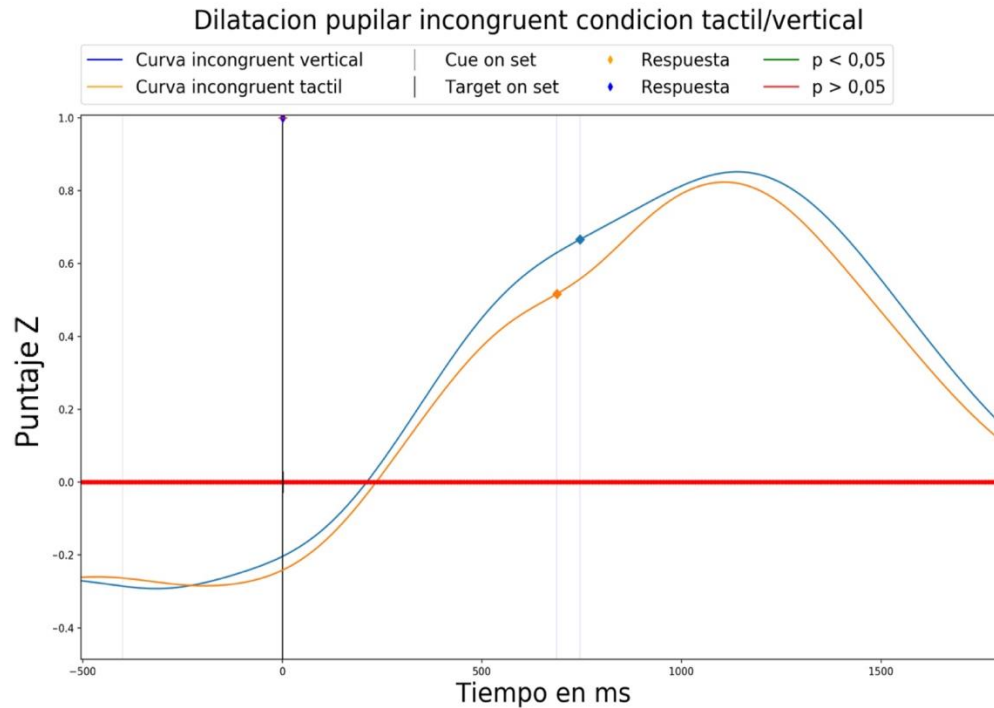


Figura 21: Muestra la comparación de dilatación pupilar frente a las flechas incongruent, de las condiciones táctil y vertical. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target. Los rombos indican el tiempo de la respuesta, ambas curvas muestran la conducta pupilar frente a trials incongruent. la curva azul es el comportamiento pupilar de la condición vertical y la curva anaranjada la condición táctil.

La figura 21 representa la diferencia en la dilatación pupilar entre condiciones frente a al target incongruent, la línea horizontal roja indica que no existen diferencias estadísticamente significativas $p > 0,05$.

8. Discusión.

8.1 Tiempo de respuesta

En relación a los datos obtenidos en el presente estudio, se observa que el tiempo de respuesta disminuye significativamente por la estimulación bilateral táctil, en comparación con el resto de las condiciones. Llama la atención que la estimulación bilateral ocular no produzca el mismo efecto, a pesar que el formato experimental fue prácticamente el mismo que el estudio realizado por Edlin 2013, en el que mostraron que la reducción de los tiempos de respuesta frente a los estímulos incongruent. Esta variación en los tiempos de respuesta se puede explicar producto que la estimulación del sistema somatosensorial (estimulación táctil), mediante locus coeruleos (LC), ya que este está estrechamente relacionado con la actividad tónica y con actividad fásica a estímulos relevantes. Donde la actividad fásica de las neuronas del LC, se produce en respuesta a nuevos estímulos destacados o a cambios en el valor de un estímulo particular. Es crítico para los cambios inducidos por estímulos de la atención y la flexibilidad cognitiva por lo tanto permite la focalización y discriminación de estímulos relevantes de forma rápida facilitando la reproducción motora voluntaria (Aston-Jones y Cohen 2005). Además, los inputs noradrenérgicos del LC son particularmente densos en la corteza prefrontal y parietal, que están involucrados en mecanismos de atención (Aston-Jones y Cohen 2005) y excitación conductual (Berridge et al., 1997) regulando la ansiedad que produce la tarea, facilitando así la respuesta motora voluntaria disminuyendo los tiempos de respuesta.

Consecuente a lo anterior y tomando en cuenta que al inicio de cada sesión se entrega a los participantes la instrucción que es necesario una respuesta lo más

rápido posible, el sujeto al comenzar a responder la tarea, este daría cuenta o tendría la impresión de una mejor performance, lo que cumpliría la función de refuerzo que de alguna manera “se cumpliría con la expectativa” (instrucción) en la condición táctil y esto haría que este sostenga su motivación, mejorando el tiempo de respuesta. En ese sentido, otro eje clave es el núcleo acumbens el cual está considerado cada vez más como un nodo integrador entre actividad conductual, impulso o motivación y la experiencia psicológica de querer o desear.

Por último, se debe considerar un proceso top-down, que comenzaría desde la corteza prefrontal dorso lateral, que abarcaría la zona motora y la corteza cingulada anterior. Lo anterior va en la misma línea de lo que plantea la literatura sobre electrofisiología monocelular, que ha sugerido que las neuronas en esta región codifican múltiples aspectos de la recompensa, como la proximidad a la recompensa dentro de una secuencia conductual (Shidara y Richmond, 2002) lo que explicaría la mantención de la motivación durante la tarea y facilitaría que el sujeto reporte un mejor desempeño final.

En resumen, la condición táctil sería un proceso bottom-up que ayudaría a regular la actividad tónico fásica vía locus coeruleus, lo que facilitaría una mejor performance conductual y luego que el sujeto se engancha en la tarea se mantendría mediante un procesamiento top-down que sostiene la motivación en función de los resultados.

8.2 Conducta pupilar y atención.

La relación entre la conducta pupilar y la atención en el caso de la red de control, si bien en las condiciones táctil, fijo y horizontal presenta los mismos resultados que los mostrados por Geva 2013, este comportamiento pupilar no indicaría necesariamente mecanismos de atención, ya que se esperaría que la condición que presenta menor tiempo de respuesta (táctil) cambie su comportamiento pupilar, lo cual no ocurre. Además, se esperaría que, en la comparación de las curvas entre la condición táctil y vertical, frente al target incongruent, que presentan diferencias significativas entre los tiempos de respuesta fuese diferente, pero no ocurre de esa manera (ver figura 21).

Por último, la hipótesis de Leyla y Martin 2011 que tiene relación con que el movimiento ocular horizontal genera una activación de una red fronto-parietal, que incluiría el campo frontal del movimiento de los ojos, surco intraparietal y el lóbulo parietal superior (Corbetta y Shulman, 2002) sería en realidad un epifenómeno de la actividad del locus coeruleus, ya que el efecto que encontraron no se reduce exclusivamente al movimiento de los ojos, si no que a la estimulación bilateral.

8.3 Limitaciones.

El presente estudio presenta distintas limitaciones, en primer lugar, es necesario aumentar el número de participantes en la muestra, idealmente logrando una muestra entre sexos similares para así realizar un análisis por sexo.

No se consideró la fijación de la mirada antes de la respuesta, lo cual podría ser una medida para comparar el efecto de las condiciones en el rendimiento conductual.

Sería de utilidad complementar los resultados con el puntaje D prime, el cual permite tener una medida de cómo el rendimiento empeora en cada sesión, de esa manera saber cuánto tiempo es el efecto de la condición determinada.

9. Conclusión.

Se aprueba parcialmente la hipótesis planteada, ya que los resultados apoyan la idea de que la estimulación bilateral táctil disminuye el tiempo de respuesta, pero estos no se reflejarían directamente en una medida autonómica (dilatación pupilar al menos).

10. Bibliografía.

- 1) Bisson, J. I., Ehlers, A., Matthews, R., Pilling, S., Richards, D., & Turner, S. (2007). Psychological treatments for chronic post-traumatic stress disorder. *British Journal of Psychiatry*, 190, 97–104
- 2) Bradley, R., Greene, J., Russ, E., Dutra, L., & Westen, D. (2005). A multidimensional meta-analysis of psychotherapy for PTSD. *American Journal of Psychiatry*, 162, 214–227.
- 3) Foa, E. B., Keane, T. M., Friedman, M. J., & Cohen, J. A. (Eds.). (2009). *Effective treatments for PTSD: practice guidelines from the International Society for Traumatic Stress Studies* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- 4) Solomon, R. M., & Shapiro, F. (2008). EMDR and the adaptive information processing model. *Journal of EMDR Practice and Research*, 2, 315–325
- 5) Gunter, R. W., & Bodner, G. E. (2008). How eye movements affect unpleasant memories: Support for a working memory account. *Behaviour Research and Therapy*, 46, 913–931.
- 6) Shapiro, F. (1989). Efficacy of the eye movement desensitization processing in the treatment of traumatic memories. *Journal of Traumatic Stress*, 2, 199–223.
- 7) Lee, C. W., & Drummond, P. D. (2008). Effects of eye movement versus therapist instructions on the processing of distressing memories. *Journal of Anxiety Disorders*, 22, 801–808.
- 8) Pitman, R. K., Orr, S. P., Altman, B., Longpre, R. E., Poire, R. E., & Macklin, M. L. (1996). Emotional processing during eye movement desensitization and reprocessing therapy of

Vietnam veterans with chronic posttraumatic stress disorder. *Comprehensive Psychiatry*, 37, 419–429.

9) Renfrey, G., & Spates, C. R. (1994). Eye movement desensitization: A partial dismantling study. *Journal of Behavior Therapy & Experimental Psychiatry*, 25, 231–239.

10) Eloffson, U. O. E., von Schèele, B., Theorell, T. R., & Söndergaard, H. P. (2008). Physiological correlates of eye movement desensitization and reprocessing. *Journal of Anxiety Disorders*, 22, 622–634.

11) Sack, M., Lempa, W., & Lamprecht, F. (2007). Assessment of psychophysiological stress reactions during a traumatic reminder in patients treated with EMDR. *Journal of EMDR Practice and Research*, 1, 15–23.

12) Barrowcliff, A. L., Gray, N. S., Freeman, T. C. A., & MacCulloch, M. J. (2004). Eyemovements reduce the vividness, emotional valence and electrodermal arousal associated with negative autobiographical memories. *Journal of Forensic Psychiatry and Psychology*, 15, 325–345

13) Andrade, J., Kavanagh, D., & Baddeley, A. D. (1997). Eye movements and visual imagery: A working memory approach to the treatment of post-traumatic stress disorder. *British Journal of Clinical Psychology*, 36, 209–223.

14) MacCulloch, M. J., & Feldman, P. (1996). Eye movement desensitisation treatment utilises the positive visceral element of the investigatory reflex to inhibit the memories of post- traumatic stress disorder: A theoretical analysis. *British Journal of Psychiatry*, 169, 571–579.

15) Gunter, R. W., & Bodner, G. E. (2009). EMDR works . . . But How? Recent progress in the search for treatment mechanisms. *Journal of EMDR Practice and Research*, 3, 161–168.

- 16) Kavanagh, D. J., Freese, S., Andrade, J., & May, J. (2001). Effects of visuospatial tasks on desensitization to emotive memories. *British Journal of Clinical Psychology*, 40, 267–280.
- 17) Maxfield, L., Melnyk, W. T., & Hayman, C. A. G. (2008). A working memory explanation for the effects of eye movements in EMDR. *Journal of EMDR Practice and Research*, 2, 247–261.
- 18) Van den Hout, M., Muris, P., Salemink, E., & Kindt, M. (2001). Autobiographical memories become less vivid and emotional after eye movements. *British Journal of Clinical Psychology*, 40, 121–130.
- 19) Christman, S. D., Garvey, K. J., Propper, R. E., & Phaneuf, K. A. (2003). Bilateral eye movements enhance the retrieval of episodic memories. *Neuropsychology*, 17, 221–229.
- 20) Christman, S. D., Propper, R. E., & Brown, T. J. (2006). Increased interhemispheric interaction is associated with earlier offset of childhood amnesia. *Neuropsychology*, 20, 336–345.
- 21) Christman, S. D., Propper, R. E., & Dion, A. (2004). Increased interhemispheric interaction is associated with decreased false memories in a verbal converging semantic associates paradigm. *Brain and Cognition*, 56, 313–319.
- 22) Parker, A., Relph, S., & Dagnall, N. (2008). Effects of bilateral eye movements on the retrieval of item, associative, and contextual information. *Neuropsychology*, 22, 136–145.
- 23) Kuiken, D., Bears, M., Miall, D., & Smith, L. (2001–2002). Eye movement desensitization reprocessing facilitates attentional orienting. *Imagination, Cognition and Personality*, 21, 3–20.

- 24) J.M. Edlin, K.B. Lyle (2013) The effect of repetitive saccade execution on the attention network test: Enhancing executive function with a flick of the eyes. *Brain and Cognition*, 81, 345–351.
- 25) Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201–215. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn755>.
- 26) Cabeza, R. (2008). Role of parietal regions in episodic memory retrieval: The dual attentional processes hypothesis. *Neuropsychologia*, 20, 1813–1827. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.019>.
- 27) Ciaramelli, E., Grady, C. L., & Moscovitch, M. (2008). Top-down and bottom-up attention to memory: A hypothesis (atom) on the role of the posterior parietal cortex in memory retrieval. *Neuropsychologia*, 46, 1828–1851. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.022>.
- 28) Wagner, A. D., Shannon, B. J., Kahn, I., & Buckner, R. L. (2005). Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 445–453. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2005.07.001>
- 29) Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 23-25.
- 30) Posner, M.I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 31) Posner, M.I. y Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.

- 32) Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci* 2002; 3: 201-15.
- 33) Geva R, Zivan M, Warsha A. Alerting, orienting or executive attention networks: differential patterns of pupil dilations. *Front. Behav. Neurosci.*, 14 October 2013.
- 34) Aston-Jones G, Cohen JD (2005) An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: adaptive gain and optimal performance. *Annu Rev Neurosci* 28:403–450
- 35) Hurlemann R, Walter H, Rehme AK, Kukulja J, Santoro SC, Schmidt C, Schnell K, Musshoff F, Keysers C, Maier W et al (2010) Human amygdala reactivity is diminished by the beta-noradrenergic antagonist propranolol. *Psychol Med* 40:1839–1848
- 36) Roozendaal B, McGaugh JL (2011) Memory modulation. *Behav Neurosci* 125:797–824
- 37) Berridge CW, Waterhouse BD (2003) The locus coeruleus-noradrenergic system: modulation of behavioral state and state-dependent cognitive processes. *Brain Res Brain Res Rev* 42:33–84
- 38) Von Berger A, De la Parra G. OQ-45.2, cuestionario para evaluación de resultados y evolución en psicoterapia: adaptación, validación e indicaciones para su aplicación e interpretación. *revista terapia psicológica*, volumen 20 (2), nº 38, 2002.
- 39) Bækgaard, Per, Michael Kai Petersen, and Jakob Eg Larsen. "Assessing Levels of Attention using Low Cost Eye Tracking." *arXiv preprint arXiv:1512.05497* (2015)
- 40) Shidara M, Richmond BJ. Anterior cingulate: Single neuronal signals related to degree of reward expectancy. *Science*. 2002;296:1709–1711.

APÉNDICE 1

1.1 Tiempo de respuesta mujeres.

A continuación, se presentan los resultados del tiempo de respuesta por género, este cálculo se realiza ya que el 62% de la muestra son mujeres, y es posible que las muestras de los resultados cambien por las diferencias de sexo.

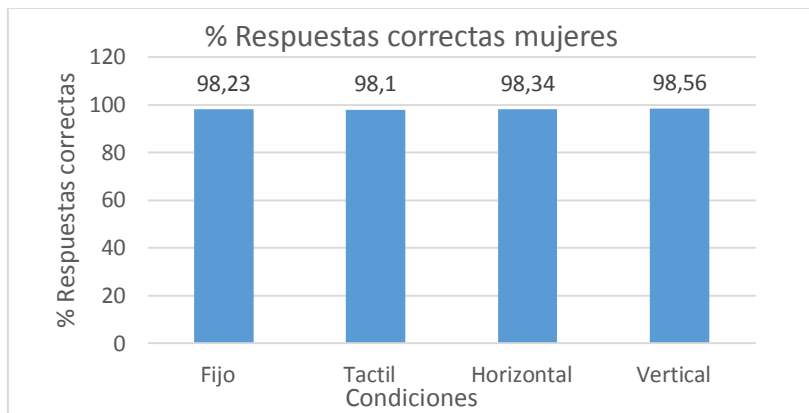


Figura 1: Muestra el porcentaje de respuestas correctas de mujeres frente a las flechas incongruentes.

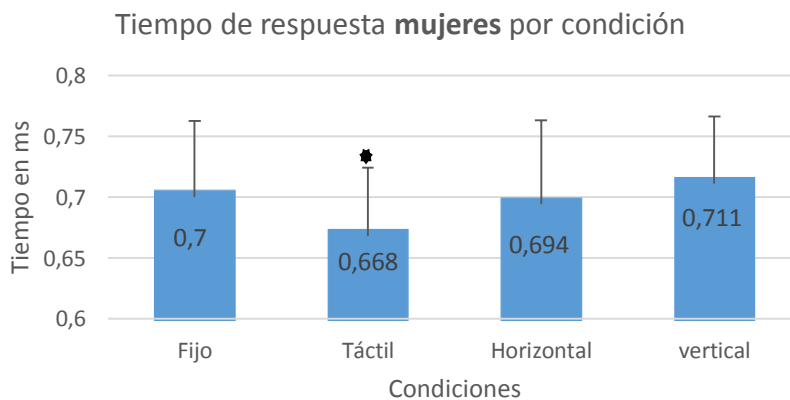


Figura 2: Muestra los promedios de las mujeres en las distintas condiciones.

Los resultados del test ANOVA de medidas repetidas en los casos de mujeres (N = 13), se reporta desde una aproximación de esfericidad asumida, ya que el test

de esfericidad de Mauchly indica que el supuesto de esfericidad se cumple para el efecto de las condiciones en el tiempo de respuesta ($X^2(5) = 6,3$ $p > 0,05$).

La figura 2 muestra que el tiempo de reacción de las mujeres en las distintas condiciones en la prueba ANOVA de medidas repetidas muestra diferencias significativas entre las condiciones, $F(3, 36) = 3,79$, $p < 0,05$ $N^2_p = 0,24$.

Comparaciones por parejas						
Medida: Tiempo de respuesta						
Mujeres						
Condición	Condición	Diferencia de medias	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Fijo	Táctil	,032*	,008	,015	,005	,058
	Horizontal	,006	,012	1,000	-,033	,046
	Vertical	-,011	,016	1,000	-,060	,038
Táctil	Fijo	-,032*	,008	,015	-,058	-,005
	Horizontal	-,025	,012	,299	-,062	,011
	Vertical	-,042*	,013	,037	-,083	-,002
Horizontal	Fijo	-,006	,012	1,000	-,046	,033
	Táctil	,025	,012	,299	-,011	,062
	Vertical	-,017	,016	1,000	-,068	,034
Vertical	Fijo	,011	,016	1,000	-,038	,060
	Táctil	,042*	,013	,037	,002	,083
	Horizontal	,017	,016	1,000	-,034	,068

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel

Tabla 1: Muestra la comparación de pares entre condiciones

La tabla 1 muestra la comparación por pares entre las distintas condiciones. La tasa de error fue controlada con la corrección de Bonferroni. El resultado de estas comparaciones por pares indica que la condición táctil reduce significativamente el tiempo de reacción en comparación a las condiciones fijo y vertical con un $p < 0,05$; en cambio, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las otras condiciones. Observándose el mismo efecto con la condición horizontal.

1.2 Tiempos de respuesta hombres.

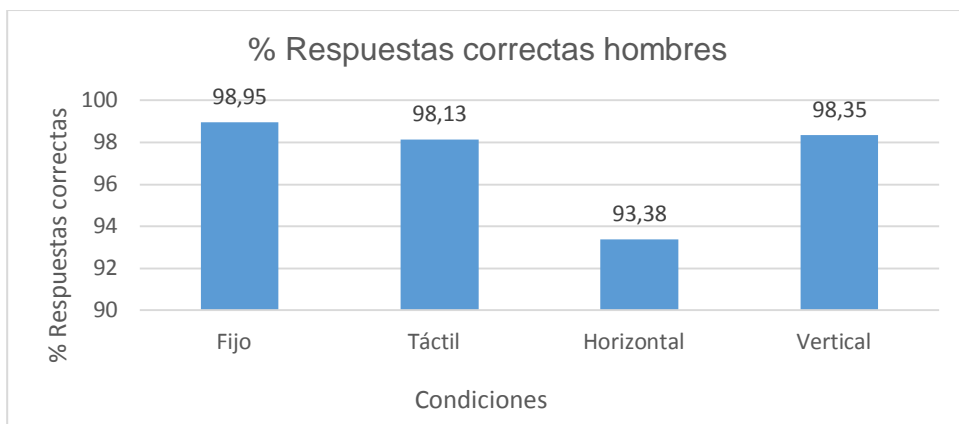


Figura 3: Muestra los promedios de las mujeres en las distintas condiciones.

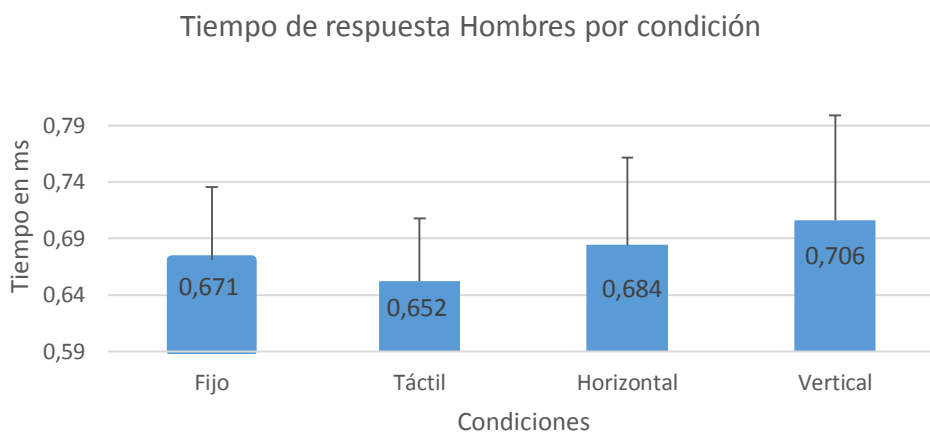


Figura 4: Muestra los promedios de las mujeres en las distintas condiciones.

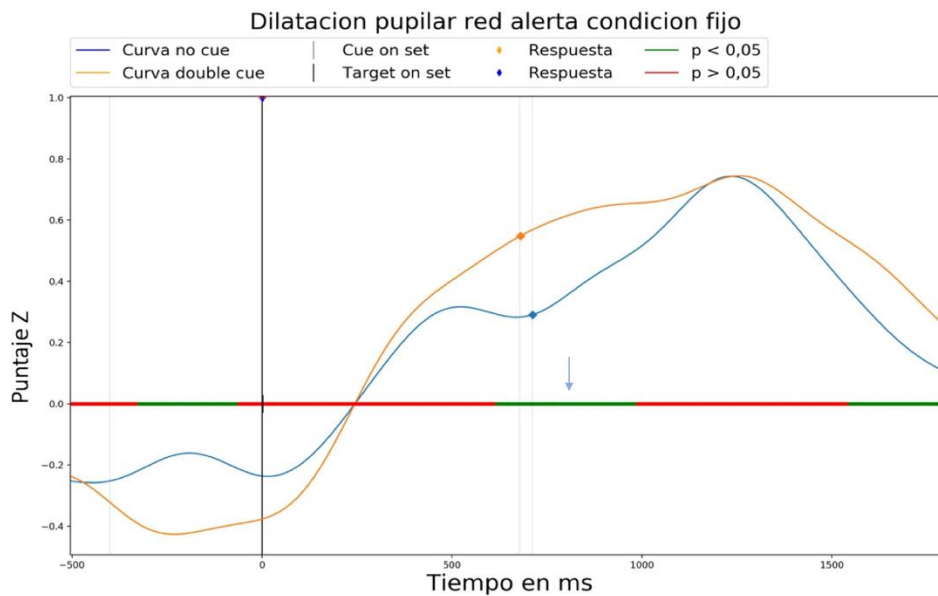
Prueba de Friedman	
N	8
Chi-cuadrado	5,658
gl	3
Sig. asintótica	,129

Los resultados de la prueba de Friedman indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre de las condiciones sobre el tiempo de respuesta de los participantes hombres. $P > 0,05$.

APÉNDICE 2

2.1 Dilatación pupilar red alerta por condición

a)



b)

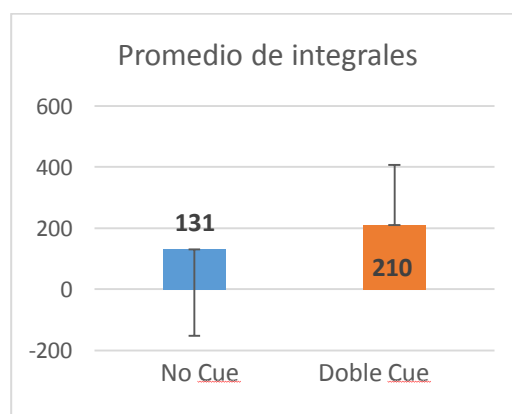
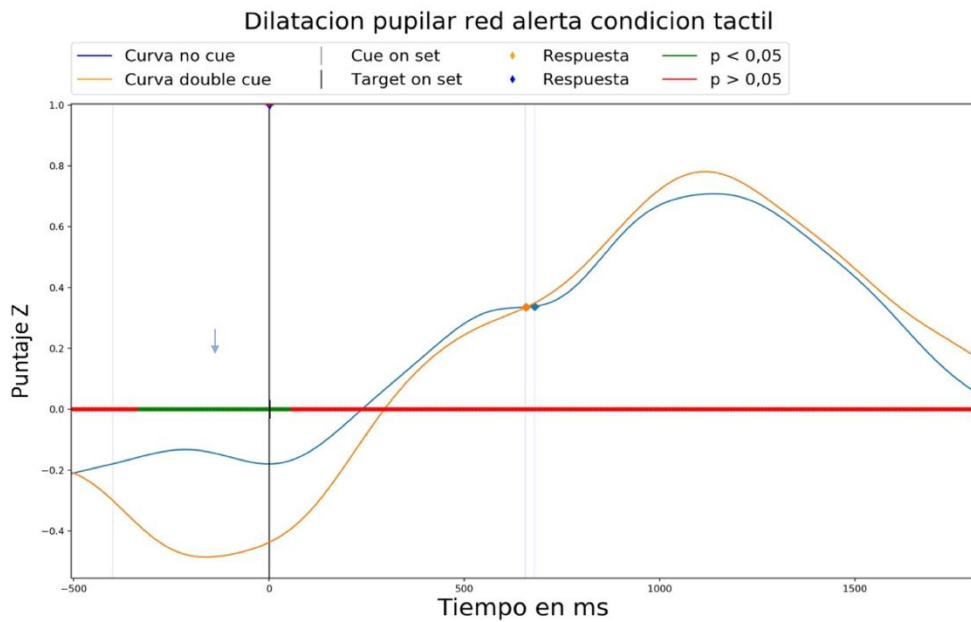


Figura 5: a) Muestra la dilatación pupilar de la red alerta en la condición fijo. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 5 representa la conducta pupilar de la red de alerta en la condición **Fijo**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$. En la ventana donde se encuentra la mayor amplitud de la curva no presenta diferencias significativas. Figura 5b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = 3,8$; $p = 0,001$.

a)



b)

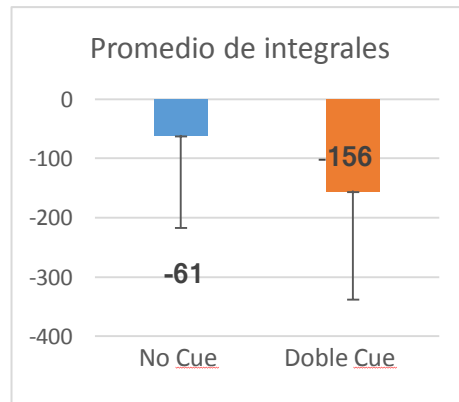
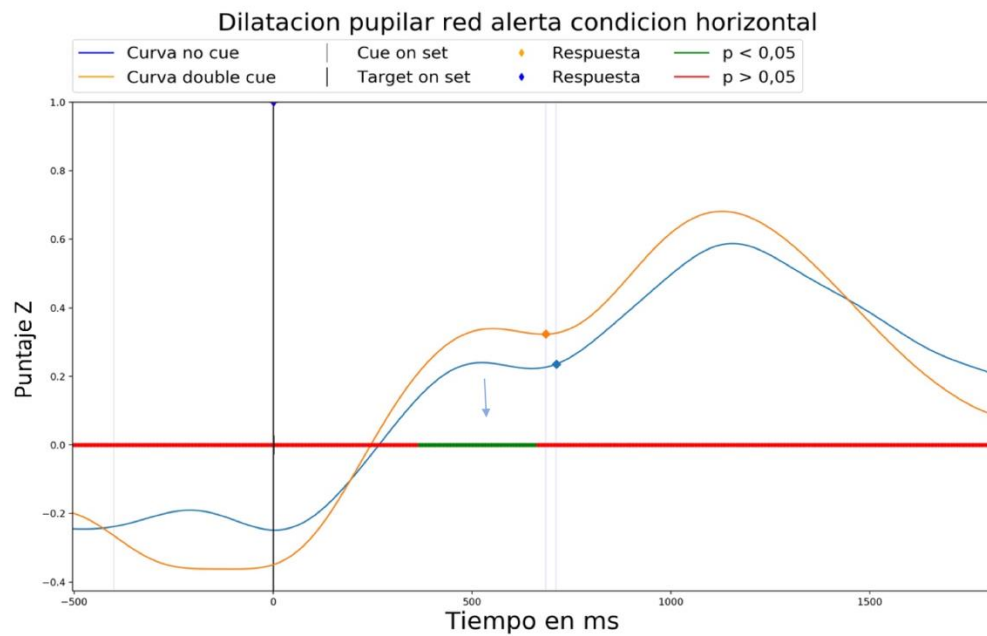


Figura 6: a) Muestra la dilatación pupilar de la red alerta en la condición táctil. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. . **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 6 representa la dilatación pupilar de la red alerta en la condición **táctil**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ luego de la aparición del Cue, sin embargo, no presenta dichas diferencias en la amplitud más alta. Figura 6b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = 2,78$; $p = 0,01$.

a)



b)

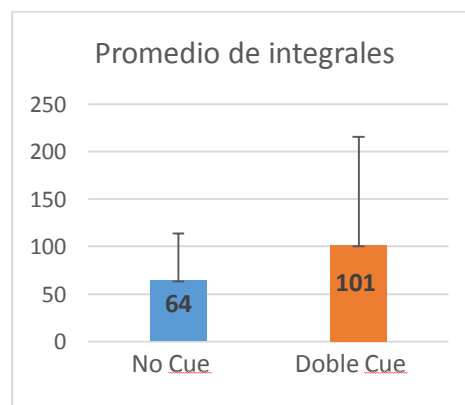
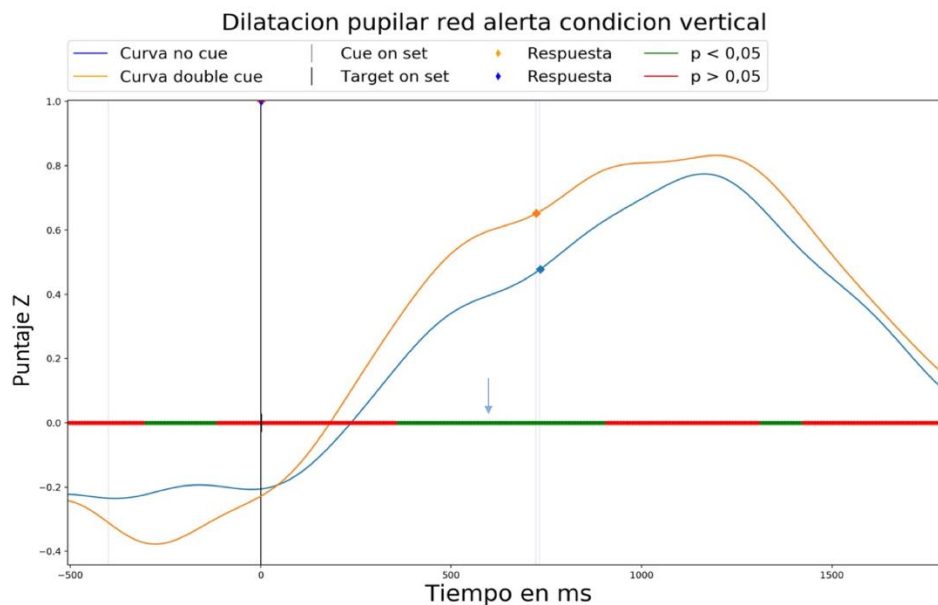


Figura 7: a) Muestra la dilatación pupilar de la red alerta en la condición horizontal. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde).

La figura 7 representa la dilatación pupilar de la red alerta en la condición **horizontal**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ alrededor de los 500 ms luego de la aparición del target, sin embargo, no presenta dichas diferencias en la amplitud más alta. Figura 7b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = 2,4$; $p = 0,03$.

a)



b)

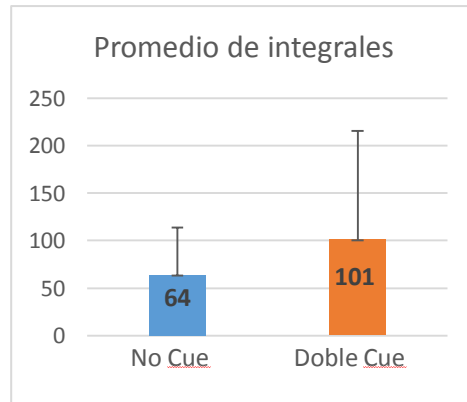
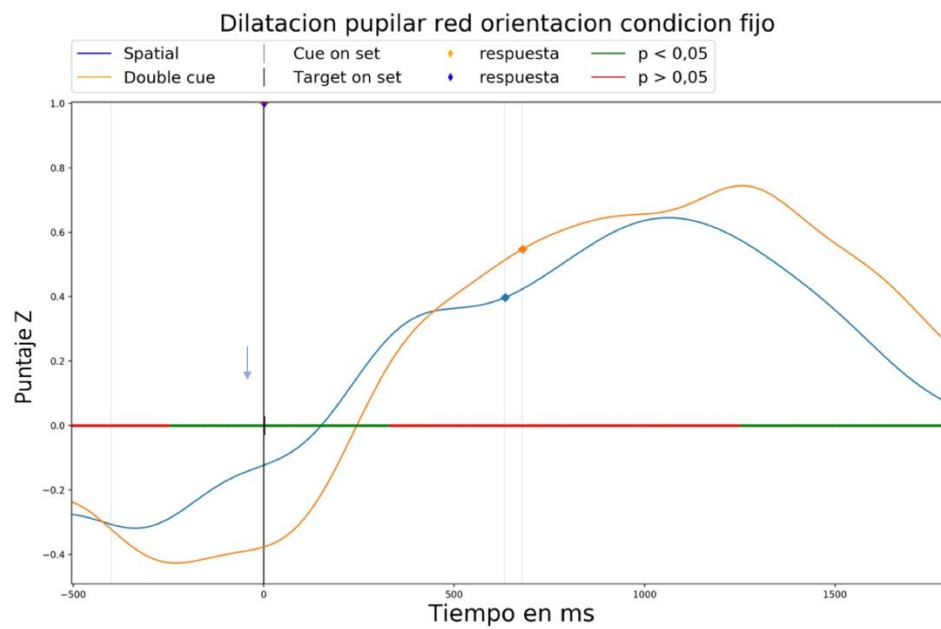


Figura 8: a) Muestra la dilatación pupilar de la red alerta en la condición vertical. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 8 representa la dilatación pupilar de la red alerta en la condición **Vertical**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ alrededor de los 100 ms luego de la aparición del cue, lo mismo ocurre 300 ms posterior a la aparición del target y posterior a la amplitud mayor de ambas curvas. Figura 8b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = -3,11$; $p = 0,007$.

2.2 Dilatación pupilar red orientación.

a)



b)

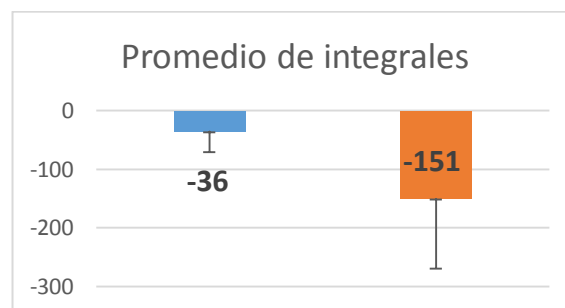
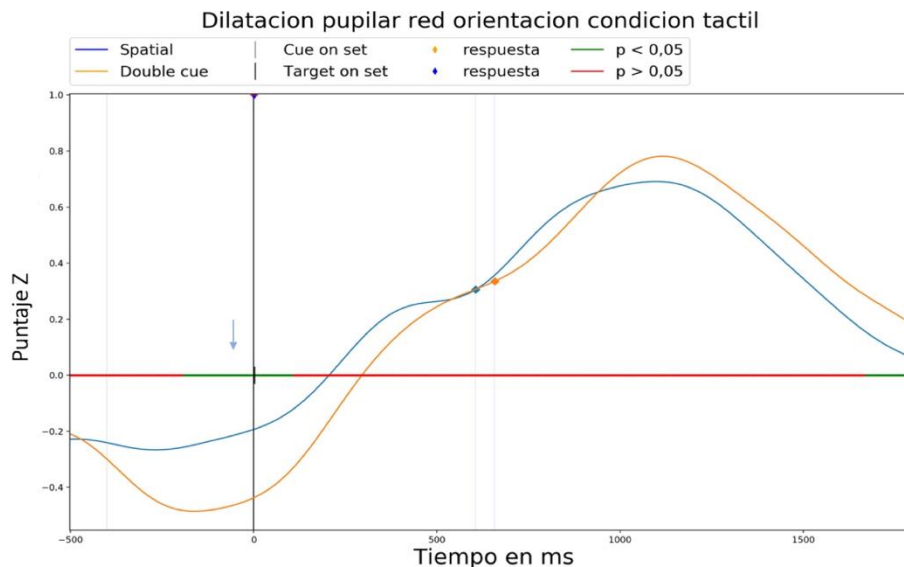


Figura 9: a) Muestra la dilatación pupilar de la red orientación en la condición fijo. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials señalizados o spatial que indica en qué lugar aparecerá el target, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 9 representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **fijo**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ luego de la aparición del de la señal cue hasta los 250 ms luego de la aparición del target y también muestra dicha diferencia en la amplitud más alta de la señal siendo double cue la mayor. Figura 9b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = -3,9$; $p = 0,0009$.

a)



b)

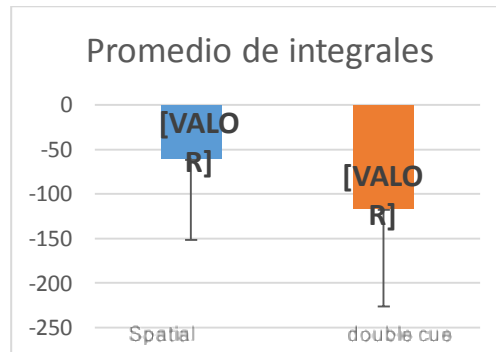
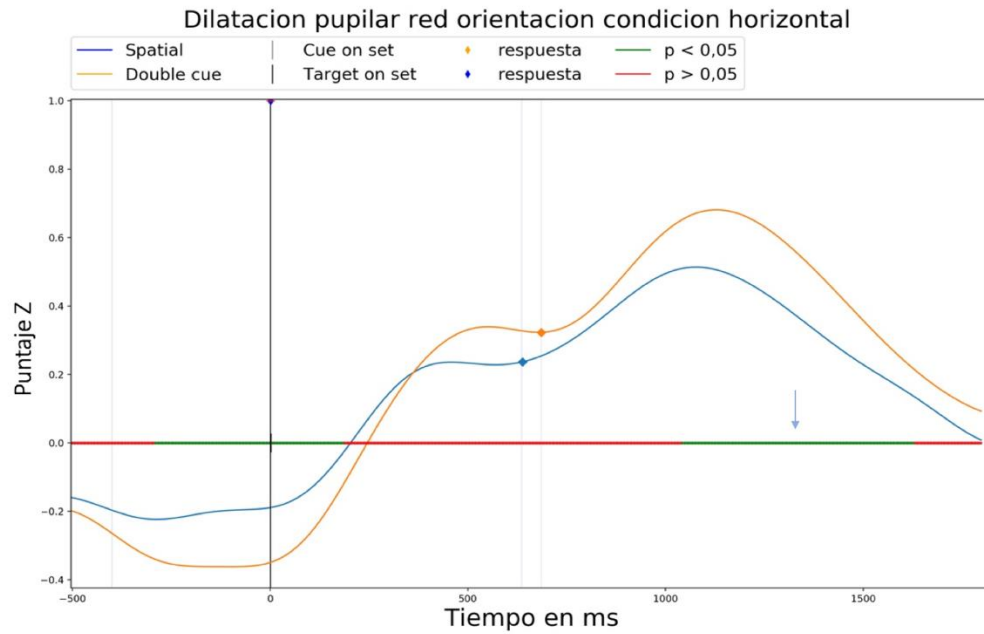


Figura 10: a) Muestra la dilatación pupilar de la red orientación en la condición táctil. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde).

La figura 10 representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **táctil**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ en la amplitud más baja alrededor de los 300 posterior al cue hasta 50 ms luego de la aparición del target, sin embargo, no presenta dichas diferencias en la amplitud más alta. Figura 10b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = 2,6$; $p = 0,02$.

a)



b)

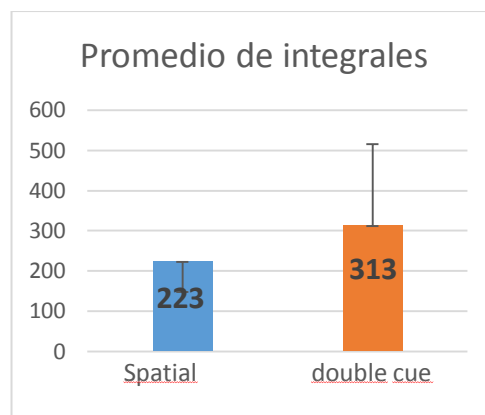
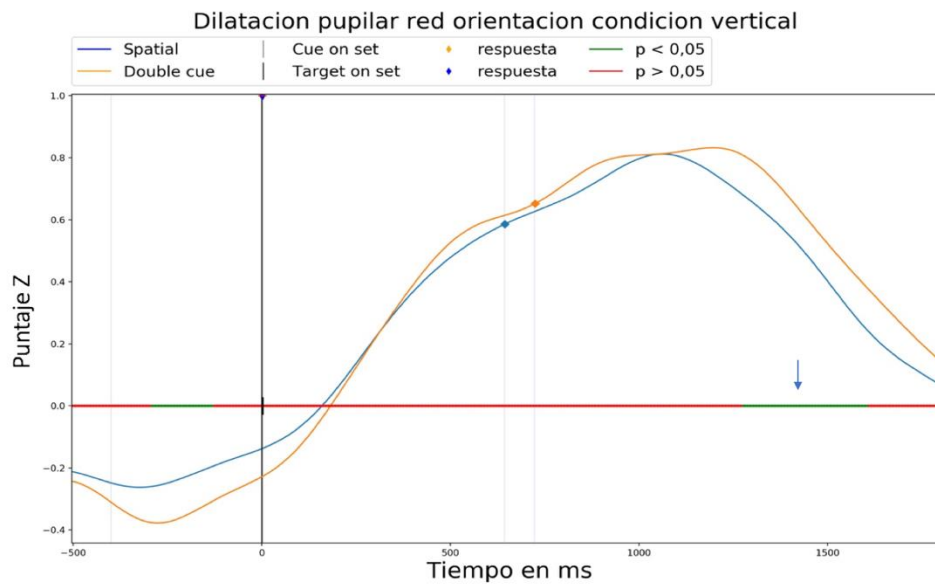


Figura 11: a) Muestra la dilatación pupilar de la red orientación en la condición horizontal. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde).

La figura 11 representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **horizontal**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ desde en la amplitud más baja alrededor de los 200 posterior al cue hasta 100 ms luego de la aparición del taget. También presenta diferencias significativas $p < 0,05$ en la mayor amplitud de la curva. Figura 15b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = -3$; $p = 0,007$.

a)



b)

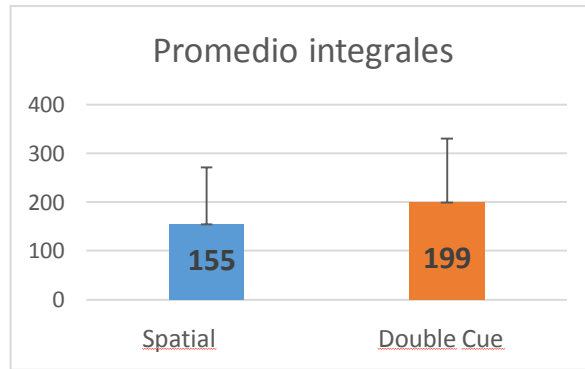


Figura 12: a) Muestra la dilatación pupilar de la red orientación en la condición vertical. El eje Y muestra la diferencia normalizada en puntaje Z y el eje X muestra el tiempo en milisegundos, la línea gris muestra la aparición de la señal o cue a los 400ms; la línea negra muestra la aparición del target; los rombos indican el tiempo de la respuesta, la curva azul muestra el comportamiento pupilar frente a trials no señalizados o no cue, la curva anaranjada muestra la conducta pupilar frente a trials doblemente señalizados. **b)** Muestra la diferencia estadística $p < 0,05$ entre las integrales de cada curva en las ventanas temporales significativas (línea verde)

La figura 12 representa la dilatación pupilar de la red orientación en la condición **vertical**, la línea horizontal verde muestra la diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$ desde en la amplitud más baja alrededor de los 300 posterior al cue hasta 50 ms luego de la aparición del target. También presenta diferencias significativas desde la amplitud más alta. Figura 12b representa la diferencia estadística entre las integrales de cada curva en la ventana temporal de mayor longitud con $T = -2,3$; $p = 0,03$.

