



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO

TESIS

Programa de Magíster en Neurociencias

"Atención emocional: influencia del contenido emocional sobre el direccionamiento atencional visual"

Alumna: Carolina Astudillo Valenzuela

Prof. Dr. PEDRO MALDONADO (firma).....

Director de Tesis

Prof. Dra. JIMENA SIERRALTA (firma).....

Presidente Comité Mención

INDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
Atención.....	4
Atención a estímulos emocionales.....	5
Procesamiento emocional y reactividad pupilar.....	7
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	11
OBJETIVOS.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Participantes.....	12
Tarea.....	12
Procedimiento.....	13
Registro.....	14
ANÁLISIS DE DATOS.....	15
Análisis conductual.....	15
Análisis de la respuesta pupilar.....	16
RESULTADOS.....	18
I. Distribución de la conducta ocular.....	18
II. Valencia emocional.....	19
Resultados conductuales.....	19
Respuesta pupilar.....	22
III. Arousal.....	26
Resultados conductuales.....	26
Respuesta pupilar.....	28
IV. Valencia y Arousal.....	30
Resultados conductuales.....	31
Respuesta pupilar.....	33
DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIÓN.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXO 1.....	45
ANEXO 2.....	49

RESUMEN

Dada nuestra limitada capacidad de procesamiento de estímulos, la atención o habilidad de identificar y seleccionar la información relevante del ambiente externo o interno, es vital para la adaptabilidad del ser humano. Diferentes estímulos pueden capturar la atención de un individuo en forma automática, sin embargo durante la mayor parte del tiempo los sujetos observan libremente el entorno, dirigiendo y redirigiendo su atención hacia aquello que resulta relevante para la conducta en curso. Este direccionamiento atencional se acompaña de un direccionamiento de la mirada hacia el objeto o espacio atendido, a menos que se realice un esfuerzo voluntario para evitarlo, por lo que los movimientos oculares son un frecuente marcador atencional visual.

A pesar del interés existente en cómo las propiedades físicas de los estímulos determinan la exploración visual, tales estudios no han logrado explicar la conducta en visión libre. Aspectos cognitivos de características top-down, tal como el procesamiento emocional, se encontrarían interactuando permanentemente con el direccionamiento atencional guiando así la exploración.

En este estudio, utilizamos un paradigma de observación libre de imágenes con diverso contenido emocional, e investigamos cómo el valor emocional de los estímulos modula el direccionamiento atencional voluntario modificando el tiempo que los sujetos permanecen en cada categoría emocional y el número de fijaciones que en ellas realizan. Paralelamente, gracias a la medición continua del diámetro pupilar, dispusimos de un marcador de la respuesta emocional gatillada por las imágenes estableciendo el nexo entre emoción y direccionamiento atencional.

Nuestros resultados confirman la relación entre emoción y direccionamiento atencional voluntario. Imágenes con contenido emocional, negativo y positivo, concentran un mayor tiempo de observación y número de fijaciones que imágenes neutras, especialmente las de naturaleza negativa. Similar efecto se obtiene al separar las imágenes según su nivel de *arousal*, posiblemente por el mayor *arousal* inherente a las imágenes negativas. La reactividad pupilar indica que imágenes de superiores *arousals* se acompañan de mayor dilatación pupilar, lo que reflejaría una rápida detección de la naturaleza de los estímulos y un consiguiente estado de activación autonómica preparatorio para una eventual respuesta conductual.

Además de corroborar la hipótesis, nuestros resultados enfatizan la necesidad de considerar tanto la dimensión de valencia como el *arousal* en el estudio del procesamiento emocional y su interacción con otros procesos cognitivos tales como el direccionamiento atencional.

ABSTRACT

Attention is the ability of identifying and selecting relevant information from outside or inside sources. Since our capacity of stimuli processing is limited, attention is deemed of utmost importance in human adaptability. When a stimulus suddenly appears or is highly outstanding, attention is automatically directed to the stimulus in an involuntary process, although most of the time stimulus are rather constant or fade in and out and attention is oriented from one to another according to its relevance for current behavior in a voluntary manner. In this process, gaze is directed to the object or space being attended, unless a conscious effort is made, hence ocular behavior is often used as visual attention maker.

Physical properties of stimulus could be involved in the automatically capture of attention while cognitive aspects with top-down characteristics, such as emotional processing, would guide the voluntary orienting of attention. In natural situations, both mechanisms are in constant interaction and define the ocular behavior observed during free viewing.

Through showing an arrangement of pictures with multiple emotional value, we looked for the influence of emotional content on the voluntary visual attentional orienting, reflected in the dwelling time and number of fixations in each affective category. Also, through the constant measure of pupil diameter we obtained an autonomic marker of the emotional response triggered by the pictures establishing a connection between emotion and attentional orienting.

Our results confirm the influence of emotional content on attentional orienting. Pictures with affective content, negative and positive, display increased dwelling times and number of fixations when compared to neutral pictures, and between affective categories negative pictures are associated with the larger effects. This modulation is not exclusive of the emotional value; the level of arousal also triggers a divergence observed in behavior and pupillary response. Higher arousals are associated with larger dwelling times, number of fixations and pupillary dilations.

Besides confirming our hypothesis, our results emphasize that arousal and valence should be considered different dimensions of emotional processing, whose interact in particular ways with other cognitive process as voluntary attentional orienting.

INTRODUCCIÓN

Atención

Cuando hablamos de atención, nos referimos al proceso cotidiano de selección de elementos relevantes tanto de nuestro exterior como de nuestro medio interno (Raz & Buhle, 2006). En 1890 William James definía la atención de la siguiente forma: "Todo el mundo sabe lo que es la atención. Es la toma de posesión por la mente, de un modo claro y vívido, de uno entre varios objetos o cadenas de pensamientos simultáneamente posibles".

Tradicionalmente se han descrito dos maneras en las cuales se expresa el proceso atencional. Se plantea que la ocurrencia de eventos o existencia de estímulos que resaltan en relación al entorno es capaz de atraer de forma automática e involuntaria la atención del sujeto en un mecanismo de tipo bottom-up. Esto significa que la información relativa a un estímulo fluye desde la entrada sensorial a centros superiores de procesamiento, sin involucrar retroalimentación hacia centros "inferiores" (atención guiada por factores exógenos). Sin embargo, la mayor parte del tiempo los estímulos se encuentran constantemente presentes y la atención es voluntariamente dirigida hacia aquellos relevantes para la conducta en curso. Tal mecanismo es predominantemente top-down, debido a que la información se conduce desde centros superiores hacia centros inferiores de procesamiento (atención guiada por factores endógenos) (Corbetta & cols, 2002). La interacción de ambos mecanismos es fundamental para el adecuado desempeño en una tarea ya que como Desimone plantea en su modelo de atención de competencia sesgada (biased-competition), nuestra capacidad de procesamiento de estímulos es limitada por lo que los objetos o espacios en el campo visual que ingresan de un modo "bottom-up" serían seleccionados de acuerdo a señales de tipo "top-down" promoviendo el acceso a aquello que resulta relevante (Desimone & Duncan, 1995).

La captura automática de la atención se ha relacionado a la actividad de una red parieto-temporo-frontal ventral mientras que el direccionamiento atencional voluntario a la actividad de una red parieto-frontal dorsal (Corbetta & cols, 2008). Ambas estarían altamente relacionadas e influirían sobre la respuesta efectora de movimientos oculares a través del colículo superior (Fecteau & cols, 2004). El colículo superior es una estructura mesencefálica involucrada en el planeamiento de movimientos oculares (sacadas), dirigiendo la mirada hacia aquellos espacios u

objetos a atender. Es por esta razón que la conducta ocular es frecuentemente utilizada como marcador de atención visual (Krauzlis & cols, 2013).

En la búsqueda por dilucidar qué factores determinan los lugares a los que se localiza la mirada, se ha establecido que las propiedades físicas de los objetos tales como color, contraste u orientación, otorgan un nivel de resalte (saliencia) a los estímulos que explica parte de la conducta exploratoria. Bastantes modelos de saliencia se han desarrollado durante la última década (Itti & Koch, 2001; Parkhurst & cols, 2002; Masciocchi & cols, 2009; Russel & cols, 2013), no obstante estos modelos se basan en paradigmas de presentación única de imágenes y predicen de mejor forma la conducta en tareas que involucran identificación de zonas llamativas y no así en visión libre de una imagen (Borji & cols, 2013). El concepto de modulación según la tarea había sido planteado ya en el año 1967 en los clásicos experimentos de Yarbus, en los que mediante modificaciones en las instrucciones dadas a los sujetos, observaba que la conducta exploratoria difería según la tarea cognitiva en curso (Yarbus, 1967). En la actualidad esa idea permanece, existiendo incluso modelos que buscan determinar el tipo de tarea que se realiza a partir de la conducta ocular observada (Borji & cols, 2014).

Tal como Yarbus sugería, tanto en visión libre como en exploración dirigida, factores cognitivos adyacentes a las propiedades físicas de los objetos interactúan con los mecanismos automáticos durante el proceso de direccionamiento visual. Es por esta razón que en la actualidad se destinan esfuerzos en diseñar nuevos modelos predictivos más complejos, que incorporen la influencia de procesos de tipo top-down relativos a la tarea a los factores físicos previamente mencionados (Koehler & cols, 2014; Navalpakkam & Itti, 2005).

Atención a estímulos emocionales

Uno de los procesos cognitivos que podría influir sobre el direccionamiento atencional y que ha sido poco estudiado es el procesamiento emocional.

La experiencia de una emoción es un fenómeno complejo y bidimensional gatillado por estímulos que pueden ser internos o encontrarse en el entorno. Posee un componente cognitivo que permite categorizar la emoción (experiencia consciente) y por otro lado coexisten una serie de respuestas fisiológicas que emergen sin que seamos conscientes de ellas, por ejemplo cambios en la frecuencia cardíaca, conductancia de la piel o presión arterial. Las emociones nos permiten una rápida identificación de estímulos potencialmente nocivos, inocuos o positivos y son capaces

de guiar nuestra conducta por lo que algunos autores les atribuyen relevancia evolutiva en pro de la supervivencia de la especie (Damasio & Carvalho, 2013).

En la búsqueda por precisar el impacto del componente emocional sobre el proceso de atención visual se ha establecido que la rápida detección de la naturaleza de los estímulos permite que ante la presentación de dos estímulos visuales, las primeras sacadas se dirijan preferentemente hacia aquel con contenido emocional a la vez los sujetos permanecen más tiempo mirando este tipo de imágenes, en un paradigma de captura atencional predominantemente bottom-up (Rösler y cols, 2005). El tiempo de permanencia ha mostrado ser un buen marcador atencional también cuando la tarea involucra un esfuerzo cognitivo que regule la magnitud del efecto asociado a una emoción. Los objetos a los que se les atribuye el valor emocional de una imagen son mirados por menos tiempo cuando se intenta reducir el impacto de la imagen, y por mayor tiempo cuando se busca incrementar dicho impacto (Van Reekum y cols, 2007).

Otros parámetros atencionales han corroborado la relación. Se propone que la frecuencia de microsacadas se asocia a la carga cognitiva por lo que se ha estudiado su modulación en procesos atencionales y perceptuales. Posterior a la presentación de un estímulo, ocurre una disminución de la tasa de microsacadas seguido de un incremento contenido-dependiente. Estímulos con carga emocional se acompañan de un ascenso más lento de la tasa de microsacadas, especialmente si el contenido de la imagen es negativo o displacentero. Esta respuesta pudiera ser interpretada como el control que ejercen centros superiores de procesamiento sobre la actividad del colículo superior, con el fin de retener información relevante evitando el refresco con nuevos estímulos (Kashihara y cols, 2013).

A nivel cortical, potenciales relacionados a eventos (ERP) asociados a procesos atencionales han mostrado variación de su amplitud en tareas que involucran estímulos emocionales. Durante una tarea de detección de estímulos, el potencial temprano P1 muestra un incremento en su amplitud para imágenes positivas y negativas. Este incremento reflejaría un mecanismo de ganancia sensorial asociado a la asignación de recursos atencionales a estímulos relevantes (Brosch y cols, 2008). Otros potenciales tempranos en los que se ha observado modulación son el EPN (Early posterior negativity) y el LPP (Late positive potential) que aumentan de amplitud ante estímulos emocionales y usualmente son usados como índices de atención selectiva (Leite y cols, 2012).

El sustrato neural de la facilitación atencional ante estímulos emocionales guardaría relación con las proyecciones desde estructuras involucradas en el procesamiento emocional, tales como la amígdala, hacia cortezas sensoriales. En modalidad auditiva también se han identificado mejores rendimientos en pruebas de atención ante estímulos sonoros con carga afectiva (Bertels y cols, 2013) lo que apoya la idea de que la atención correspondería a un conjunto de procesos que involucran a más de un sistema neural cuyo fin común es la selección y organización de entradas sensoriales diversas para el acceso de información a la conciencia y memoria (Vuilleumier, 2005). La interacción de mecanismos bottom-up y top-down del procesamiento atencional entonces serían responsables de la facilitación de algunos estímulos sobre otros, por ejemplo los emocionales, para el ingreso a la memoria (Viviani, 2013).

La evidencia conductual y electrofisiológica por tanto apoya la idea de que estímulos con contenido emocional tendrían un sesgo de detección durante la exploración visual. Sin embargo, la mayor parte de los esfuerzos en atención visual se han centrado en el procesamiento temprano de los estímulos, cuando la captura atencional ocurre de forma predominantemente automática (Mohanty & Sussman, 2013). Si esta preferencia por los estímulos emocionales se limita a la detección rápida de estímulos o se mantiene en situaciones de observación libre, donde múltiples estímulos coexisten y el tiempo de exploración permite al sujeto voluntariamente dirigir su atención a aquellos que selecciona ha sido hasta ahora ignorado.

Procesamiento emocional y reactividad pupilar

Tanto durante el procesamiento automático o voluntario de la atención, ante estímulos emocionales coexistirían las respuestas asociadas al procesamiento de la naturaleza emocional de los estímulos. Por una parte, la experiencia consciente de una emoción depende de la actividad del sistema nervioso central, específicamente de estructuras corticales, mientras que las respuestas fisiológicas experimentadas son resultado de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA). Actualmente sabemos que ambos sistemas no son independientes ya que poseen múltiples interacciones especialmente a nivel hipotalámico. El hipotálamo es una estructura neuroendocrina desde donde emergen eferencias autonómicas y se encuentra supeditado a la actividad de áreas tradicionalmente relacionadas con el control emocional tales como la corteza insular, corteza prefrontal ventromedial, cíngulo anterior y núcleo central de la amígdala. Esta conexión entre emoción y sistema nervioso autónomo resultaría eficiente a la hora de otorgar respuestas rápidas y confiables que aseguren la precisión y estabilidad de la regulación

homeostática; consecuentemente es parte importante de las teorías de procesamiento emocional (Kreibig, 2010).

Acorde a la naturaleza negativa, neutra o positiva de las emociones, se ha buscado caracterizar en forma específica la respuesta autonómica particular para cada dimensión. Se ha visto que ante la presentación de estímulos con contenido emocional, existe una respuesta autonómica evocada que es independiente de la complejidad del estímulo (Golland y cols, 2014). Ahora, para categorías emocionales, la mayor cantidad de estudios se concentran en las emociones con valencia o carga afectiva negativa las cuales en forma general se han asociado a un aumento en la actividad simpática. Bastante menos se conoce sobre la respuesta a emociones positivas, posiblemente por el menor impacto clínico que poseen en comparación a las negativas. No obstante, mediante la observación de marcadores autonómicos cardiovasculares, respiratorios y de conductancia de la piel, diversos autores postulan que existiría especificidad en el patrón autonómica asociado a distintas emociones, tanto para aquellas de naturaleza negativa como positiva aunque esto no ha sido aún bien caracterizado (Kreibig, 2010; Shiota y cols, 2011). Dada la inervación simpática y parasimpática de los tejidos y que grupos de neuronas simpáticas pueden ser reclutadas independientemente para poder responder en forma óptima al medio, es viable pensar que diferentes emociones se acompañen de respuestas autonómicas propias (Folkow, 2000).

Dentro del grupo de marcadores autonómicos, poco se ha explorado en relación a la respuesta pupilar. La pupila es una estructura dinámica encargada de regular la cantidad de luz que penetra en el ojo. Su diámetro varía por la acción del simpática y parasimpática sobre los músculos de la pupila. La rama simpática nace en el núcleo hipotalámico posterior y actúa directamente sobre los receptores adrenérgicos del músculo dilatador. Por su parte la rama parasimpática emerge desde el complejo de Edinger-Westphal del núcleo oculomotor a nivel mesencefálico, posee un relevo en el ganglio ciliar y actúa sobre los receptores muscarínicos del esfínter de la pupila. La disminución del diámetro pupilar o miosis está dada entonces por acción parasimpática mientras que el aumento del diámetro o midriasis puede darse en forma activa por la acción simpática o en forma pasiva por la inhibición simpática del complejo de Edinger-Westphal que disminuye el tono parasimpático (Steinhauer y cols, 2004).

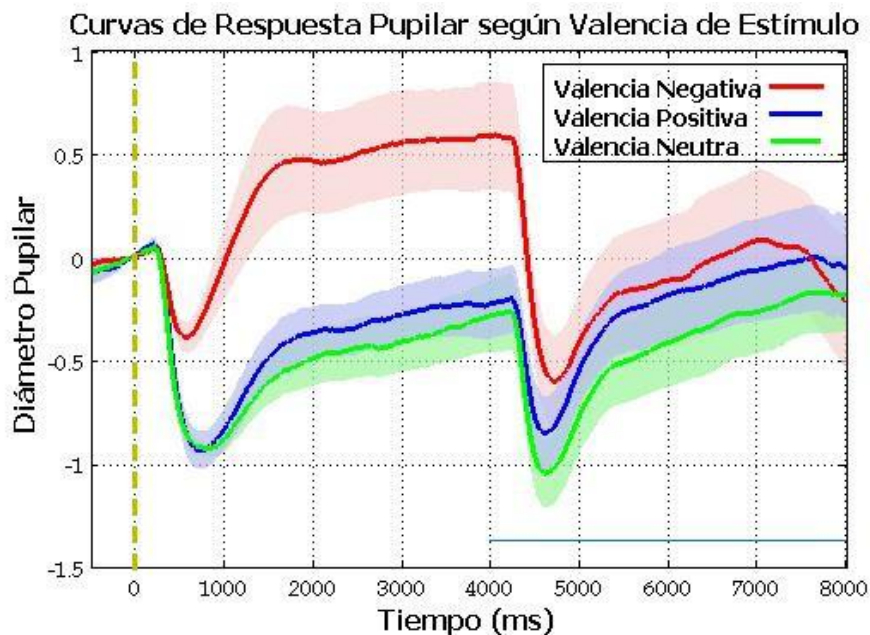
Las primeras aproximaciones que utilizaron la pupila como marcador fisiológico se basaban en el cambio de diámetro que esta experimenta en relación a la luz en lo que constituye el reflejo fotomotor. Durante este reflejo, el aumento de luminancia produce una rápida contracción inicial

seguida por una dilatación pupilar, efecto controlado por la acción colinérgica del complejo de Edinger-Westphal sobre el ganglio ciliar y del Locus Coeruleus sobre el centro cilioespinal, con escasa contribución simpática. Por dicha razón, resulta ser un buen marcador para la exploración de patologías que cursan con alteración del balance colinérgico (Fotiou y cols, 2009; Giza y cols, 2011).

Actualmente sabemos que la variación en el diámetro pupilar no es función únicamente de la luminancia, sino que también sufre modulación durante el curso de procesos cognitivos y/o emocionales (Granholm & Steinhauer, 2004). Cuando se realiza un esfuerzo cognitivo, por ejemplo al realizar operaciones matemáticas o tareas de memoria, existe inhibición parasimpática, lo que resulta en un aumento del diámetro pupilar (Steinhauer y cols, 2004). En relación al procesamiento emocional, la evidencia ha evolucionado a través de los años. Los primeros estudios que vinculaban procesos emocional con el diámetro pupilar fueron realizados en la década de los 60 y 70 por el psicólogo Eckard Hess e indicaban que la pupila variaba continuamente desde la mayor dilatación ante estímulos emocionales de valencia positiva a la mayor contracción ante estímulos de valencia negativa (Hess, 1972). Tal propuesta fue rápidamente refutada reemplazándose por la creencia de que la pupila no se contrae particularmente durante emociones negativas, sino que el diámetro guardaría mayor relación con la intensidad del estímulo que con la valencia del mismo (Janisse, 1974). Posterior a esto el estudio de la pupila fue poco considerado, para ser retomado con gran interés durante los últimos años.

La evidencia actual en relación a la naturaleza afectiva de los estímulos es variada de acuerdo a la modalidad estudiada. Para estímulos auditivos con inherente valencia positiva, negativa y neutra, se ha visto que posterior al inicio del sonido, la pupila experimenta una rápida dilatación seguido de una lenta contracción, la cual es significativamente mayor cuando los estímulos poseen carga afectiva en comparación a los neutros (Partala y cols, 2003). Por otro lado, cuando los estímulos utilizados corresponden a imágenes con contenido emocional, ocurre una contracción inicial inespecífica atribuible al reflejo fotomotor, seguida de una dilatación cuya magnitud se incrementa en el caso de estímulos con carga afectiva vs estímulos neutros, sin mayores diferencias entre categorías afectivas (positivas vs. negativas) (Bradley y cols, 2008). Utilizando el mismo paradigma de Bradley, estudios más recientes realizados en nuestro laboratorio han evaluado la respuesta pupilar ante imágenes emocionales estandarizadas de valencia positiva, negativa y neutra. Como se muestra en la *Figura 1*, a diferencia de los hallazgos descritos por Bradley, imágenes positivas y neutras poseen similar patrón de respuesta pupilar,

mientras que la respuesta pupilar para las imágenes negativas difiere significativamente de las otras dos categorías desde la fase de contracción. (Fullerton C, 2012; Vázquez A, 2011).



Considerando que el diámetro pupilar varía en función de la valencia emocional de los estímulos, y que esta modulación es producto de la actividad autonómica asociada a la experiencia emocional, es posible plantear que en situaciones más naturales, en las que conviven estímulos de diversa categoría afectiva, la pupila modificaría su diámetro en un patrón similar al observado durante la presentación única de imágenes, al momento de transitar de un estímulo de una dimensión afectiva a otra (por ejemplo, de un área considerada "positiva" a una "negativa").

Entonces, mediante la utilización de imágenes compuestas con diverso contenido afectivo, nos aproximamos a la modulación que ejerce el procesamiento emocional sobre el direccionamiento atencional visual, ya que los estímulos no cambian mientras el sujeto voluntariamente dirige su atención entre áreas con distinta valencia emocional. Complementariamente el registro continuo del diámetro pupilar nos entrega una medida del estado de activación autonómica gatillado, permitiéndonos comprobar que los hallazgos conductuales se relacionen con el estado emocional inducido por las imágenes.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

El contenido emocional de un estímulo modula el direccionamiento atencional. Esto se manifiesta durante la exploración libre de imágenes con contenidos emocionales, donde el direccionamiento visual es sesgado según la valencia emocional y se acompaña de una reactividad pupilar que refleja el estado de activación autonómica gatillado por las imágenes.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer la influencia del contenido emocional en el direccionamiento atencional visual durante la exploración libre de estímulos con contenido afectivo.

Objetivos específicos

- Caracterizar la conducta ocular durante la exploración libre de imágenes en mosaico con contenido emocional
- Medir la reactividad pupilar en sujetos normales ante la visión de imágenes en mosaico con contenido emocional positivo, negativo y neutro
- Caracterizar la temporalidad de la respuesta pupilar en relación a la exploración de imágenes en mosaico con contenido emocional positivo, negativo y neutro
- Identificar eventos de interés en la curva de respuesta pupilar

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

El estudio cuenta con la aprobación del comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y para su realización se reclutó una muestra por conveniencia de 28 sujetos. Mediante entrevista se consignó que no presentaran enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas o hubiesen ingerido sustancias con acción en el sistema nervioso.

Tarea

El paradigma utilizado consistió en la presentación de 84 mosaicos compuestos por 9 imágenes cada uno, 3 con contenido afectivo positivo, 3 neutro y 3 negativo (*Figura 2*). Las imágenes se recogieron de la base de datos de imágenes emocionales "International Affective Pictures System" (IAPS; Lang et al, 2005), la cual establece la valencia emocional de las imágenes y el nivel de alerta que los sujetos reportan en una escala de 1 a 10 y es un sistema validado en población chilena (Duffey et al, 2011). De ahora en adelante, nos referiremos al nivel de alerta que los sujetos reportan experimentar al ver una imagen como "arousal".

El diseño de los mosaicos se realizó de manera que cada fila y cada columna contuviera solo una imagen de cada categoría. Su construcción se realizó por medio del software Matlab 2012b utilizando un total de 756 imágenes diferentes. Las imágenes presentadas, localización en los mosaicos y distribución de acuerdo a valencia y arousal se encuentran en el anexo 1.

Los estímulos serían presentados en un monitor de 335,28 mm de alto por 597 mm de ancho, lo que se ajusta a una resolución de 1600 x 900 píxeles. Las imágenes poseen un tamaño de 1024 x 768 por lo que para mantener la proporcionalidad, cada imagen fue reducida a un tamaño de 400 x 300 píxeles agregándose un margen de 200 px de ancho por 900 px de alto a cada lado.

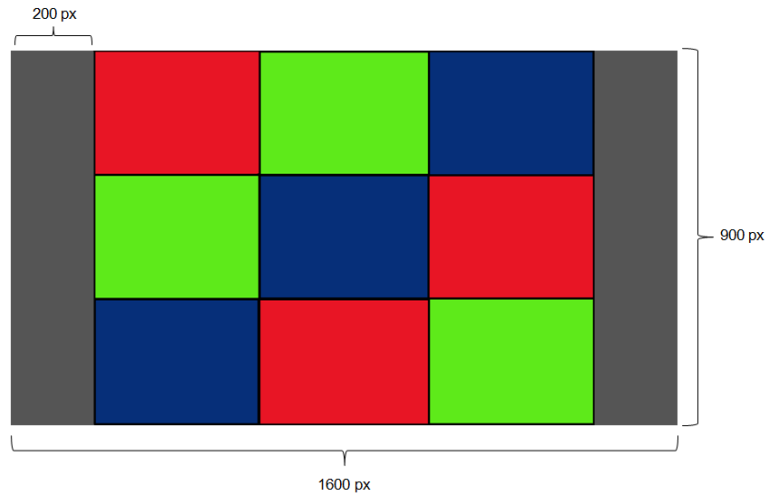


Figura 2. Diagrama representativo de los estímulos presentados (mosaicos). El color rojo representa la valencia negativa, azul la positiva y verde la valencia neutra.

La construcción del experimento se realizó utilizando el software Experiment Builder[®] (SR Research, Ltd. Mississauga, Ontario, Canadá).

Procedimiento

La tarea se llevó a cabo en una sala oscura en la cual los sujetos se encontraban sentados, con su cabeza estabilizada por un mecanismo de apoyo mentoniano y soporte frontal. Los estímulos fueron presentados en un monitor LED View Sonic de 27" ubicado a 52 cm de los sujetos por lo que las imágenes ocupaban un campo visual de $33^{\circ} \times 49.5^{\circ}$.

La tarea se distribuyó en dos bloques de presentación constituidos por 24 ensayos (trials) consecutivos cada uno con dos momentos de calibración, uno al inicio de cada bloque, y correcciones de las desviaciones (drifts) posterior a cada calibración y a la mitad de cada bloque. Cada mosaico se presentó aleatoriamente por un período de 12 segundos mientras que a los sujetos se les instruyó explorar libremente (*Fig.3*).

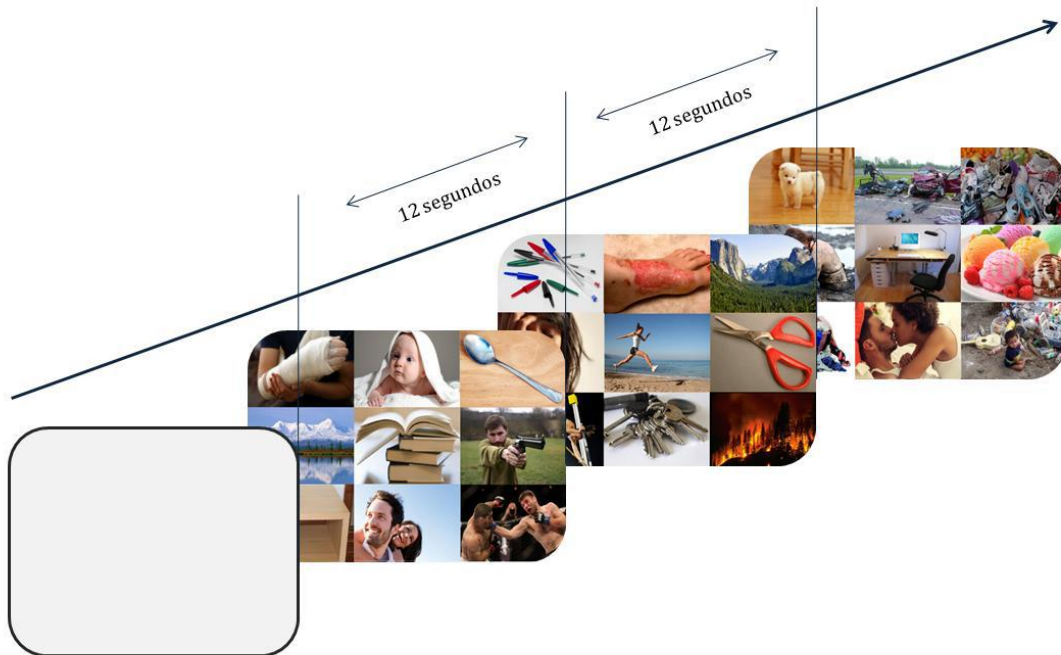


Figura 3. Esquema de la tarea. Cada uno de los 84 mosaicos fue presentado por un tiempo de 12 segundos, tiempo durante el cual los sujetos exploraron libremente.

Registro

Para el registro de los movimientos oculares y diámetro pupilar se utilizó el sistema de rastreo ocular (Eye-Tracker) modelo Eye Link 1000® (SR Research, Ltd. Mississauga, Ontario, Canadá). Este dispositivo, mediante la emisión de una luz infrarroja que es reflejada en la pupila y captada por la cámara del eye tracker, permite a distancia realizar un muestreo continuo de la posición de los ojos y diámetro pupilar a una tasa de 500 Hz.

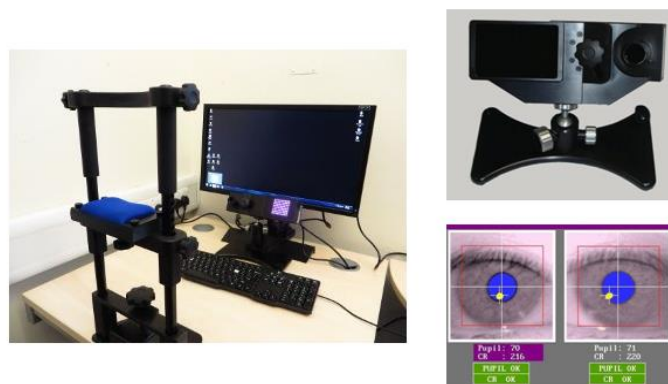


Figura 4. La tarea se fue presentada en un monitor mientras los sujetos observaban frontalmente, con su cabeza sujeta en el soporte mentoniano y frontal (izquierda). El registro se realizó mediante un sistema Eye Tracker a distancia (superior derecha) que permite visualizar en forma infrarroja el tamaño y posición de la pupila (inferior derecha)

ANÁLISIS DE DATOS

Análisis conductual

El análisis de los registros conductuales y pupilares se realizó utilizando el software Matlab 2012b. En primer lugar se analizó la conducta ocular, identificando los momentos de fijaciones oculares, movimientos oculares (sacadas) y la posición en la grilla a la que correspondían (Fig. 5). No se consideraron los datos provenientes de áreas fuera de la grilla de imágenes emocionales.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

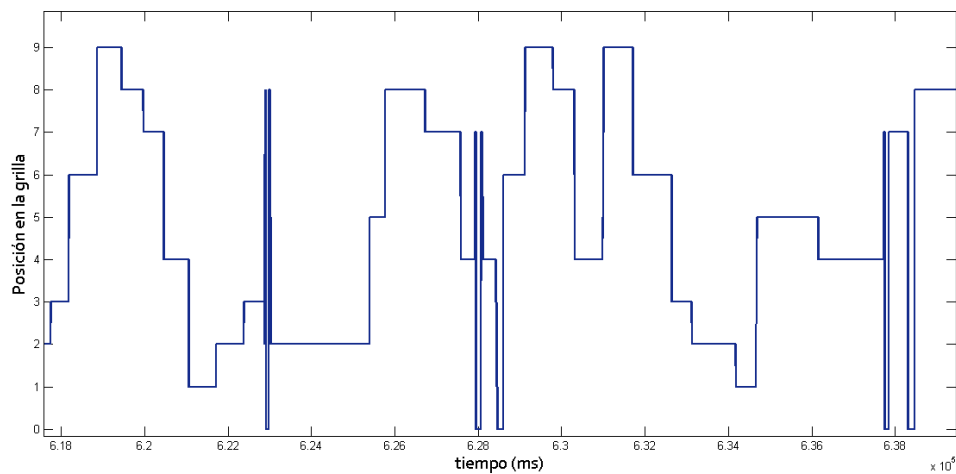


Figura 5. Numeración asignada a la grilla correspondiente a cada imagen de cada mosaico (superior) y ejemplo de registro crudo de posición ocular de un sujeto durante 20 segundos.

Las dos variables conductuales estudiadas y su definición se resumen en la tabla 1.

Variable	Definición operacional	Unidad de medida
<i>Tiempo de permanencia en imagen</i>	Tiempo promedio que los sujetos observan cada categoría de imagen por mosaico	Milisegundos
<i>Número de fijaciones en imagen</i>	Número de fijaciones promedio que los sujetos realizan en cada categoría de imagen por mosaico	Valor absoluto

Tabla 1. Variables conductuales analizadas con su definición operacional y unidad de medida.

Análisis de la respuesta pupilar

Para el análisis del registro continuo de pupila se identificaron además de los eventos de fijaciones y sacadas previamente descritos, los momentos de parpadeos y offsets o pequeños desplazamientos de la señal pupilar al momento de realizar una sacada. Los parpadeos fueron eliminados mediante interpolación lineal de la señal y se aplicó un filtro pasa bajo que minimizara el ruido de la señal (Fig. 6).

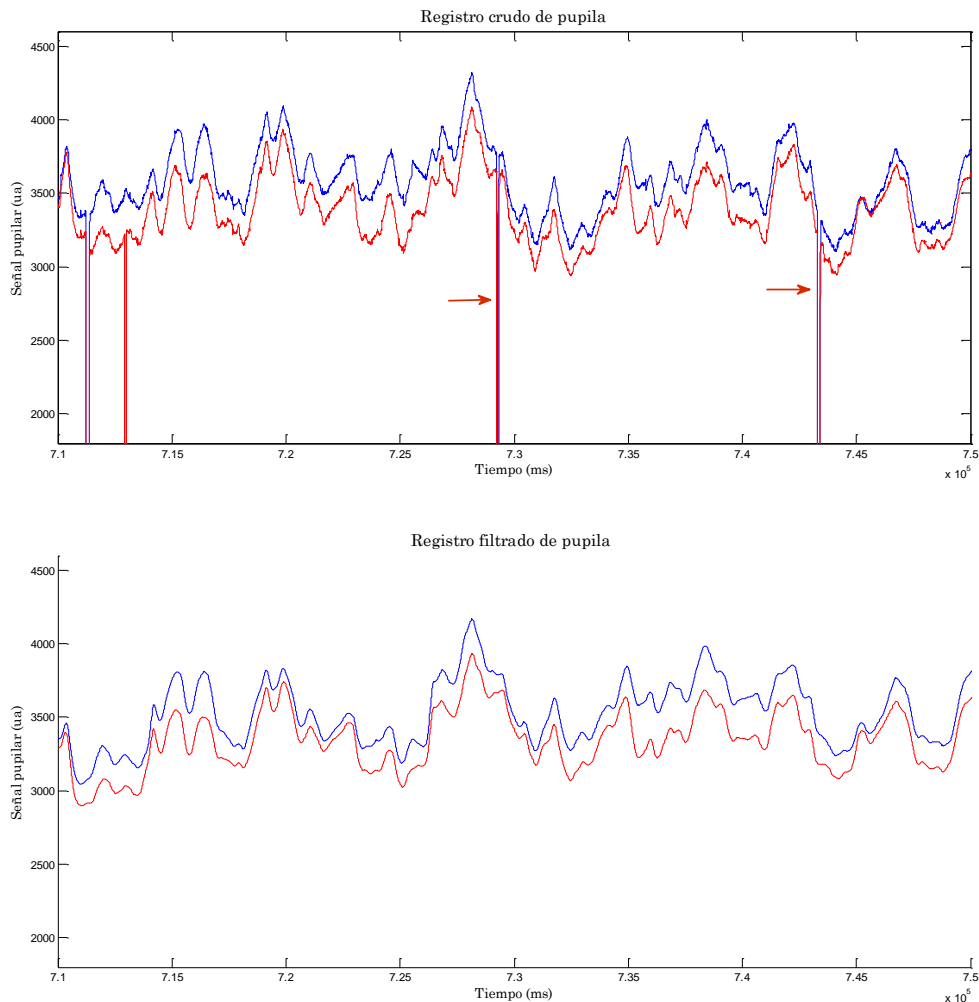


Figura 6. Superior: registro crudo de pupila para ambos ojos de un sujeto durante 40 segundos. Las flechas rojas indican momentos de parpadeos. Inferior: registro de pupila filtrado, al cual se le han eliminado los parpadeos y offsets

El software Experiment Builder entrega la medida de diámetro pupilar en unidades arbitrarias, además el tamaño y la magnitud de la dilatación pupilar son variables entre los sujetos por lo que se normalizó la señal pupilar de cada mosaico en z score dando como resultado una señal ajustada en un rango de 0 a 1.

Los momentos de transición fueron identificados como los eventos en que la posición de los ojos cambia del área correspondiente a una imagen hacia el área correspondiente a otra imagen. Por el perfil temporal de la pupila, se consideraron solo aquellos eventos que superaran un umbral de permanencia en cada una de las imágenes. Este umbral fue establecido como 200 ms en la imagen de origen y 500 ms en la imagen hacia la cual se transitó.

Con los datos del ojo que presentara la mejor calibración se calculó la curva promedio para cada valencia emocional de acuerdo a la categoría afectiva de la imagen de destino, ajustadas por una línea de base al momento previo de la transición. Dicha línea de base fue calculada como el promedio de la señal los 100 ms previos a la transición. Las variables de respuesta pupilar que se analizaron se definen en la tabla 2.

Variable	Definición operacional	Unidad de medida
<i>Contracción máxima</i>	Valor mínimo de la curva post transición desde el inicio de la contracción	Z score
<i>Latencia de contracción</i>	Tiempo transcurrido entre el comienzo de la contracción y la contracción máxima	Milisegundos
<i>Velocidad de contracción</i>	Valor de la pendiente calculada entre el inicio de la contracción y la contracción máxima	Z score / milisegundos
<i>Dilatación máxima</i>	Valor máximo de la curva post contracción máxima	Z Score
<i>Delta de dilatación</i>	Diferencia entre el valor de la contracción máxima y la dilatación máxima post transición	Z score
<i>Latencia de dilatación</i>	Tiempo transcurrido entre la contracción máxima y el máximo de dilatación.	Milisegundos
<i>Velocidad de dilatación</i>	Valor de la pendiente calculada entre la contracción máxima y la máxima dilatación	Z score/ milisegundos

Tabla 2. Variables pupilares analizadas, su definición operacional y unidad de medida.

RESULTADOS

Para el estudio se reclutaron 30 sujetos, de los cuales la totalidad presentaba visión normal o corregida, poseía un nivel educacional universitario completo o incompleto, no recibió compensación por su participación en el estudio y entregó su consentimiento en forma escrita.

De los 30 sujetos, se excluyó un sujeto por haber ingerido medicamentos con acción en sistema nervioso central y un sujeto que al momento del registro presentó niveles de somnolencia que interferían en la calidad de la señal. Finalmente se utilizó una muestra de 28 sujetos (14 mujeres) con edades comprendidas entre los 20 y 37 años (28 años promedio), quienes aceptaron voluntariamente en el estudio, entregaron su consentimiento informado en forma previa y presentaban visión normal o corregida.

I. Distribución de la conducta ocular

Para determinar la correcta exploración de los mosaicos por parte de los sujetos, se construyeron mapas de calor que muestran las áreas con mayor *número de fijaciones* de cada mosaico. Como se observa en el ejemplo de la *Figura 7*, los sujetos exploran la totalidad de los mosaicos, concentrando las fijaciones en áreas significativas de las imágenes y sin existir un sesgo asociado a la posición en la grilla.

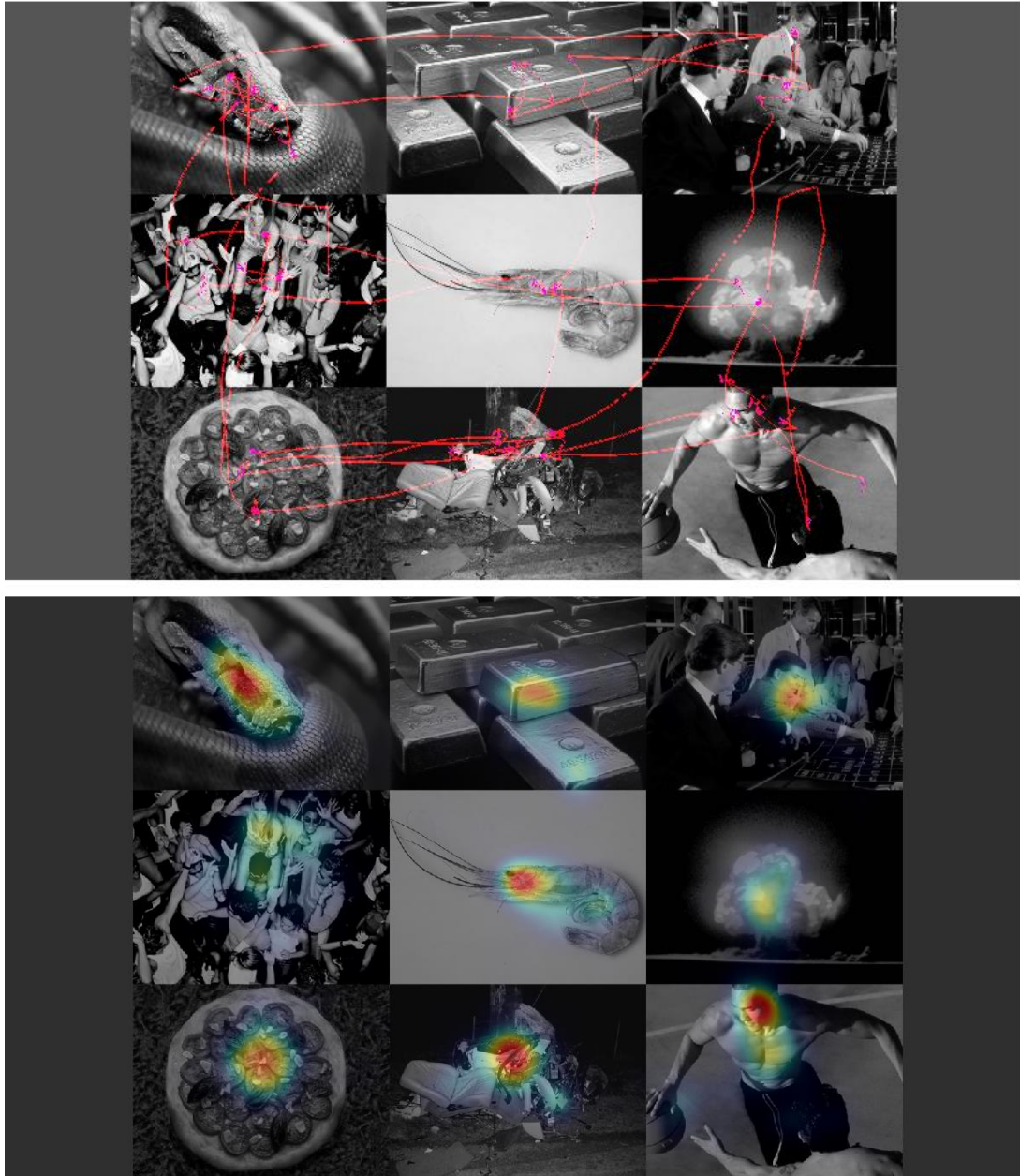


Figura 7. Superior: Registro crudo de un sujeto, indicativo de las fijaciones (puntos rosa) y sacadas (líneas rojas). Inferior: Mosaico utilizado sobre el que se ha superpuesto el mapa de calor indicativo de las áreas que concentran el mayor número de fijaciones para todos los sujetos (áreas rojas)

II. Valencia emocional

Resultados conductuales

El análisis de la conducta ocular según valencia emocional se realizó de acuerdo a la dimensión afectiva a la que pertenecen las imágenes, agrupándose en 3 categorías "positiva", "negativa" y

"neutra". Las medianas de las variables tiempo de permanencia y número de fijaciones, con sus rangos intercuartílicos se resumen en la Tabla 3:

Categoría/Valencia	Negativa (neg)		Neutra (neu)		Positiva (pos)	
	Mediana	RI	Mediana	RI	Mediana	RI
Tiempo de permanencia	1345 ms	188.1	1050 ms	198	1246 ms	248.8
Número de fijaciones	4.73	1.04	3.86	0.68	4.59	0.58

Tabla 3. Mediana y rango intercuartílico del tiempo de permanencia y número de fijaciones para cada categoría emocional

La distribución de los datos se verificó por medio del Kolmogorov-Smirnov test y el Shapiro-Wilk test resultando no asemejarse a una distribución normal lo que determinó que se optara por utilizar test estadísticos no paramétricos. El análisis entre grupos se realizó mediante el test estadístico de Kruskal-Wallis con la consiguiente comparación de pares por medio del Wilcoxon signed rank test, ajustado el p-value según el método de Holm-Bonferroni.

Para el tiempo de permanencia en imágenes se obtuvieron diferencias significativas entre los 3 pares: Neg vs. Neu ($p < 0.001$), Pos vs. Neu ($p < 0.001$), Neg vs. Pos ($p < 0.05$). Similares resultados se obtuvieron en relación al número de fijaciones promedio realizadas sobre cada categoría. Las imágenes emocionales concentran mayor número de fijaciones que aquellas neutras, existiendo diferencias significativas para las 3 comparaciones de pares: Neg vs. Neu ($p < 0.001$), Pos vs. Neu ($p < 0.001$) y Neg vs. Pos ($p < 0.05$) (Fig. 8).

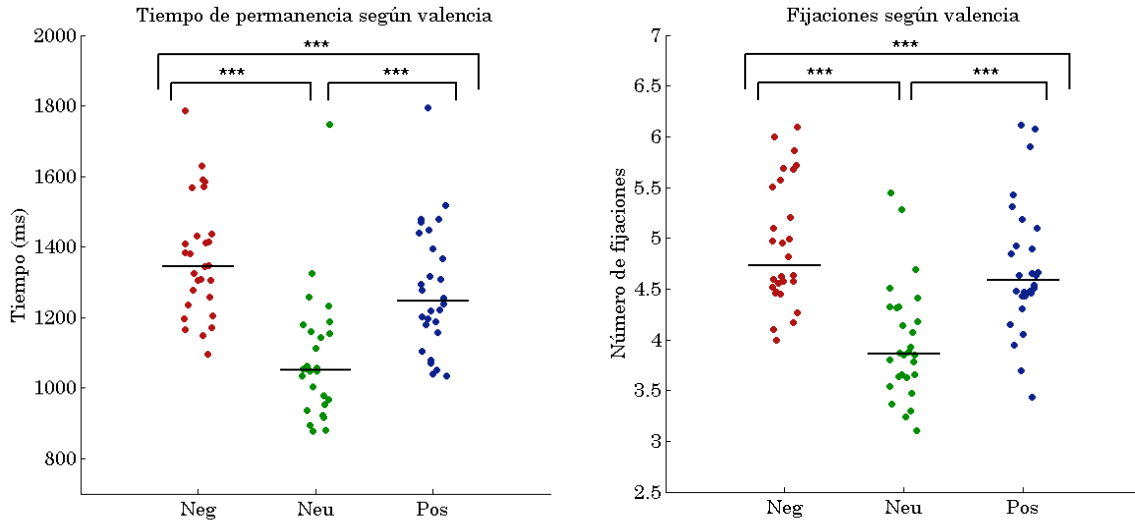


Figura 8. Distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables conductuales estudiadas. Izquierda: imágenes con contenido emocional negativo y positivo son observadas en promedio mayor tiempo en comparación a imágenes neutras. Derecha: el mayor número de fijaciones promedio se concentran en las imágenes negativas y positivas en comparación a las neutras.

***= $p < 0.001$

Con el fin de determinar si las diferencias entre categoría son independientes del tamaño muestra, se calculó el tamaño del efecto utilizando el coeficiente U_3 de Cohen, el cual indica que porcentaje de los datos de una muestra se encuentran por debajo de la mediana de otra muestra diferente. Un coeficiente U_3 de 0.5 indica inexistencia de efecto y valores cercanos a 0 o 1 representan el máximo del efecto (Hentschke & Stüttgen, 2011). Los resultados para las comparaciones entre los pares emocionales se detallan en la tabla 4.

Valencia	Tiempo de permanencia		Fijaciones	
	U_3	Intervalo de confianza	U_3	Intervalo de confianza
Neu vs Neg	0,964	0.857 - 1	0.928	0.785 - 1
Neu vs Pos	0.892	0.75 - 1	0.892	0.75 - 1
Pos vs Neg	0.678	0.464 - 0.857	0.642	0.357 - 0.892

Tabla 4. Tamaño del efecto (U_3 de Cohen) con intervalo de confianza para cada par emocional comparado, indicativo del porcentaje de la muestra que se encuentra bajo la mediana de la segunda muestra.

A pesar de las diferencias significativas entre la categoría positiva y negativa para ambas variables, el coeficiente U_3 de tal comparación muestra que el efecto tanto para el tiempo de

permanencia como el número de fijaciones es moderado a diferencia de los pares negativo vs neutro y positivo vs neutro donde el efecto es de mayor magnitud.

Estos resultados indican que los estímulos con contenido afectivo son más atendidos que los estímulos neutros ya que concentran el mayor tiempo de permanencia y número de fijaciones, y que dentro de las categorías emocionales las imágenes negativas son atendidas preferentemente por sobre las positivas.

Respuesta pupilar

Para establecer el estado de activación autonómica inducido por las imágenes, posterior al análisis conductual se exploró la variación de diámetro pupilar gatillada durante el tránsito entre imágenes de un mismo mosaico, clasificando la valencia según la categoría emocional de la imagen de destino. El análisis de los parámetros de contracción y dilatación anteriormente detallados se realizó utilizando el test de Kruskal-Wallis con la consiguiente comparación de pares por medio del Wilcoxon signed rank test, corregido con el método de Holm-Bonferroni. Las curvas promedio para cada valencia emocional normalizadas en z score y su intervalo de confianza se muestran en la Figura 9.

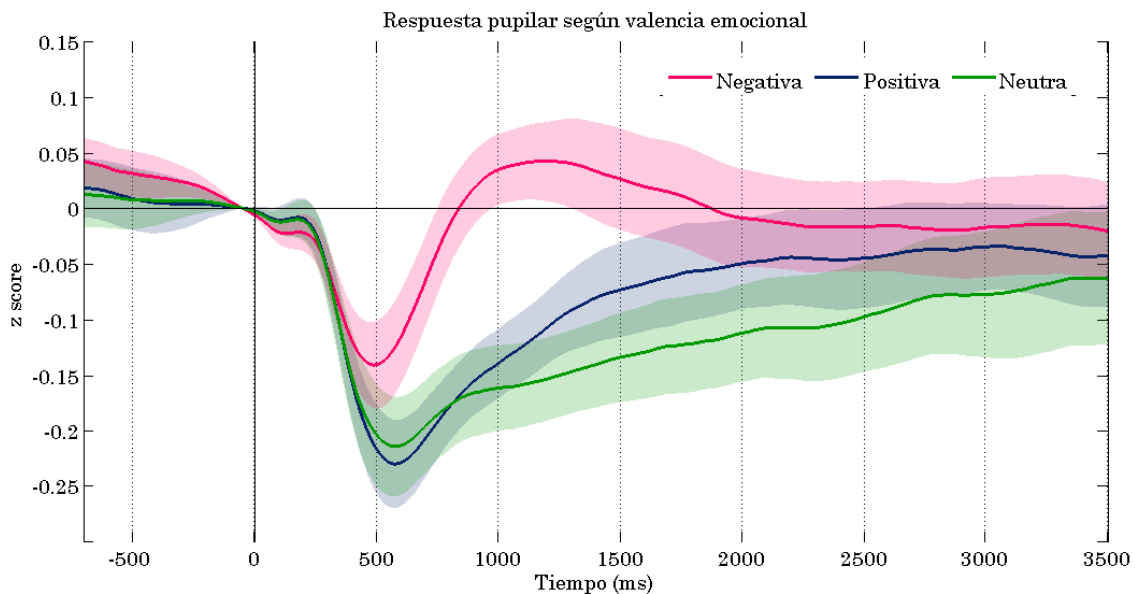


Figura 9 . Curva de respuesta pupilar normalizada en z score con intervalo de confianza. La línea en tiempo 0 señala el momento de transición desde una imagen de cualquier categoría hacia otra imagen. El color de la curva indica la valencia de la imagen de destino.

a. Variables pupilares de la fase de contracción

Dado el perfil temporal observado de la pupila, se limitó la ventana de análisis de los parámetros de contracción desde los 0 a 800 ms post transición. Contracciones presentes a tiempos mayores de 800 ms serían atribuibles transiciones consecutivas a la estudiada. Las medianas de los valores obtenidos para las variables de contracción con sus rangos intercuartílicos se muestran en la tabla 5.

	Contracción máxima		Latencia de contracción		Velocidad de contracción	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Pos	-0.2254	0.1222	568	102	-5.06×10^{-4}	-3.69×10^{-4}
Neu	-0.2398	0.1341	562	157.5	-4.65×10^{-4}	-1.96×10^{-4}
Neg	-0.1557	0.0925	506	86.5	-3.37×10^{-4}	-2.84×10^{-4}

Tabla 5: medianas y rangos intercuartílicos de las variables de contracción pupilar

La contracción máxima (CM) es menor para la categoría negativa y resulta estadísticamente significativa en comparación con las categorías neutra ($p < 0.001$) y positiva ($p < 0.001$). Para la latencia de contracción (LC), las imágenes negativas son las que presentan su contracción máxima en etapas más tempranas en relación a las imágenes neutras ($p < 0.001$) y positivas ($p < 0.001$) y finalmente con respecto a la velocidad de contracción (VC), son nuevamente las imágenes negativas las que presentan la contracción más lenta en relación a las imágenes neutras y ($p < 0.001$) y positivas ($p < 0.001$). En ninguna de las 3 variables de contracción existen diferencias significativas al comparar las categorías neutra vs positivas (CM $p = 0.486$; LC $p = 0.86$; VC $p = 0.5$)(Figura suplementaria 2).

Se complementó la métrica con el tamaño del efecto de las comparaciones de pares (Tabla 6). La medición del coeficiente U_3 de Cohen corrobora que la categoría negativa es aquella que muestra las mayores diferencias al contrastarla con las otras dos categorías estudiadas, ya que posee los valores U_3 más distantes de 0.5, indicativo de la escasa superposición entre las muestras. A pesar de que la comparación entre categorías neutra vs positiva no arroja significancia estadística, los valores de U_3 de 0.67 y 0.3 observados para la contracción máxima y velocidad de dilatación respectivamente permiten establecer una separación leve a moderada entre dichas muestras.

	Contracción máxima		Latencia de contracción		Velocidad de contracción	
	U ₃	IC	U ₃	IC	U ₃	IC
Pos vs Neg	0.85	[0.67 - 1]	0.15	[0 - 0.3]	0.74	[0.56 - 0.96]
Neu vs Pos	0.67	[0.22 - 0.81]	0.52	[0.3 - 0.7]	0.3	[0.15 - 0.81]
Neu vs Neg	0.78	[0.59 - 0.96]	0.19	[0 - 0.37]	0.85	[0.67 - 0.96]

Tabla 6. Tamaño del efecto (Coeficiente U₃ de Cohen) para los pares comparados y su intervalo de confianza. En azul se resaltan los pares con diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

Estos resultados evidencian que el contenido afectivo es procesado tempranamente ejerciéndose una modulación que reduce la contracción evocada por las imágenes de categoría emocional negativa.

b. Variables pupilares de la fase de dilatación

Por la tendencia de las curvas de retornar al valor basal, se consideró una ventana de análisis para las variables de dilatación entre 400ms a 1800ms. Tiempos menores a 400 ms aumentan la probabilidad de detectar erradamente con máximos pupilares valores previos a la contracción máxima y tiempos mayores a 1800 ms se encuentran influidos por mayor número de transiciones y contribuyen escasamente a la comparación entre categorías. La ventana total de 1400ms es un tiempo adecuado en el cual es posible identificar los fenómenos de dilatación particulares para cada valencia emocional. Las medianas de los valores obtenidos para las variables de dilatación con sus rangos intercuartílicos se muestran en la tabla 7.

Valencia	Dilatación máxima		Delta dilatación		Latencia dilatación		Velocidad dilatación	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Pos	-0.0146	0.1337	0.2321	0.0929	1656	447.5	2.05×10^{-4}	1.35×10^{-4}
Neu	-0.0811	0.0907	0.1690	0.1097	1306	1273	1.68×10^{-4}	4.02×10^{-4}
Neg	0.0709	0.1276	0.2315	0.1749	1266	658.5	2.84×10^{-4}	2.9×10^{-4}

Tabla 7. Medianas y rangos intercuartílicos de las variables de dilatación pupilar

La dilatación máxima observada solo supera el valor basal para las imágenes negativas, seguida de las positivas y finalmente las neutras. A los 1800 ms ni las imágenes negativas ni neutras han retornado al valor basal previo a la contracción. Las diferencias alcanzan significancia estadística en las 3 comparaciones: positiva vs negativa (p<0.001), neutra vs positivas (p<0.05) y

negativa vs neutras($p < 0.001$). El delta de dilatación, o sustracción entre la dilatación máxima y contracción máxima es similar entre las imágenes positivas y negativas ($p = 0.56$), diferenciándose ambas de la categoría neutra (pos vs neu y neg vs neu $p < 0.001$). La latencia de dilatación encuentra su valor máximo para la categoría positiva, no obstante no se evidencian diferencias significativas entre las categorías ($p = 0.054$). Por último, la velocidad de dilatación muestra que la dilatación más lenta corresponde a la de las imágenes neutras y la más rápida a las imágenes negativas, alcanzando significancia estadística en los pares comparados pos. vs neg y neu vs neg ($p < 0.001$) (Figura suplementaria 3).

Nuevamente se utilizó el coeficiente U_3 de Cohen como medida complementaria (Tabla 8). Para la variable latencia a pesar de no existir diferencias significativas, las comparaciones pos vs neg y neu vs pos poseen coeficientes U_3 de 0.22 y 0.67 respectivamente lo que permite establecer que la mayor latencia observada para la categoría positiva posee un efecto leve a moderado en relación a la negativa y neutra. En relación a la variable velocidad de dilatación tampoco existe diferencia significativa entre las categorías neutra y positiva, sin embargo el tamaño del efecto de 0.7 también indica un grado de separación leve a moderado entre las muestras. Para las otras variables, el tamaño del efecto obtenido corrobora lo ya establecido previamente mediante la métrica de p-value.

	Dilatación máxima		Delta dilatación		Latencia dilatación		Velocidad dilatación	
	U_3	IC	U_3	IC	U_3	IC	U_3	IC
Pos vs Neg	0.85	[0.67 - 0.96]	0.48	[0.15 - 0.89]	0.22	[0.07 - 0.4]	0.78	[0.48 - 0.96]
Neu vs Pos	0.78	[0.37 - 0.96]	0.85	[0.56 - 1]	0.67	[0.48 - 0.93]	0.7	[0.44 - 0.89]
Neu vs Neg	0.96	[0.85 - 1]	0.85	[0.41 - 1]	0.48	[0.3 - 0.7]	0.85	[0.67 - 1]

Tabla 8. Tamaño del efecto para los pares comparados y su intervalo de confianza. En azul se resaltan los pares con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Entonces, durante la fase de dilatación se aprecia que la magnitud de la respuesta de dilatación pupilar es significativamente diferente en el caso de las imágenes negativas en comparación con las imágenes neutras y positivas. Entre las categorías positiva y neutra también se observa un efecto del contenido emocional que favorece la dilatación pupilar, no obstante esta respuesta es de menor magnitud que la gatillada por las imágenes negativas.

El estado autonómico inducido por las imágenes presentadas sería particular para las imágenes negativas, con escasa influencia del contenido afectivo positivo, lo que previamente se había descrito durante la presentación de imágenes únicas. Sin embargo, además de la valencia o categoría emocional, el nivel de arousal o estado de activación que los sujetos reportan ante la presentación de las imágenes pudiera estar influyendo en los resultados observados. Por tal razón se realizaron los mismos análisis conductuales y de reactividad pupilar, considerando como variable solo el nivel de arousal de cada imagen y descartando la categoría afectiva de los estímulos.

III. Arousal

Resultados conductuales

La IAPS además de clasificar sus imágenes según una escala de valencia, incluye la categorización según arousal, entendiendo este como el estado de activación o alerta que es provocado por cada imagen en una escala de 1 a 10. Al separar la conducta según nivel de arousal alto (>4.8) o bajo (≤ 4.8), se encontró que las imágenes de alto arousal son observadas por mayor tiempo ($p < 0.001$) a la vez que concentran mayor número de fijaciones ($p < 0.001$) en comparación a las de bajo arousal (Wilcoxon signed rank test). Los valores exactos de tiempo de permanencia y número de fijaciones se muestran en la tabla 9 y grafican en la Figura 10.

Categoría/Arousal	Alto		Bajo	
	Mediana	RI	Mediana	RI
Tiempo de permanencia	1313 ms	196	1144 ms	167
Número de fijaciones	4.66	0.67	4.25	0.6

Tabla 9.: Mediana del tiempo de permanencia y número de fijaciones para cada nivel de arousal

Se analizaron los datos utilizando el Kolmogorov-Smirnov test y el Shapiro-Wilk test para determinar la normalidad de los datos y la comparación del par “alto arousal” vs “bajo arousal” por medio del Wilcoxon signed rank test. Para el tiempo de permanencia, la categoría por más tiempo observada es la de alto arousal a la vez que concentra el mayor número de fijaciones, siendo ambas variables significativamente superiores a la categoría bajo arousal ($p < 0.001$).

La medición del tamaño del efecto entrega un coeficiente U_3 de 0.93 para el tiempo de permanencia y 0.82 para el número de fijaciones, corroborando la disimilitud entre las muestras y confirmando el efecto del arousal en ambas variables (Tabla 10).

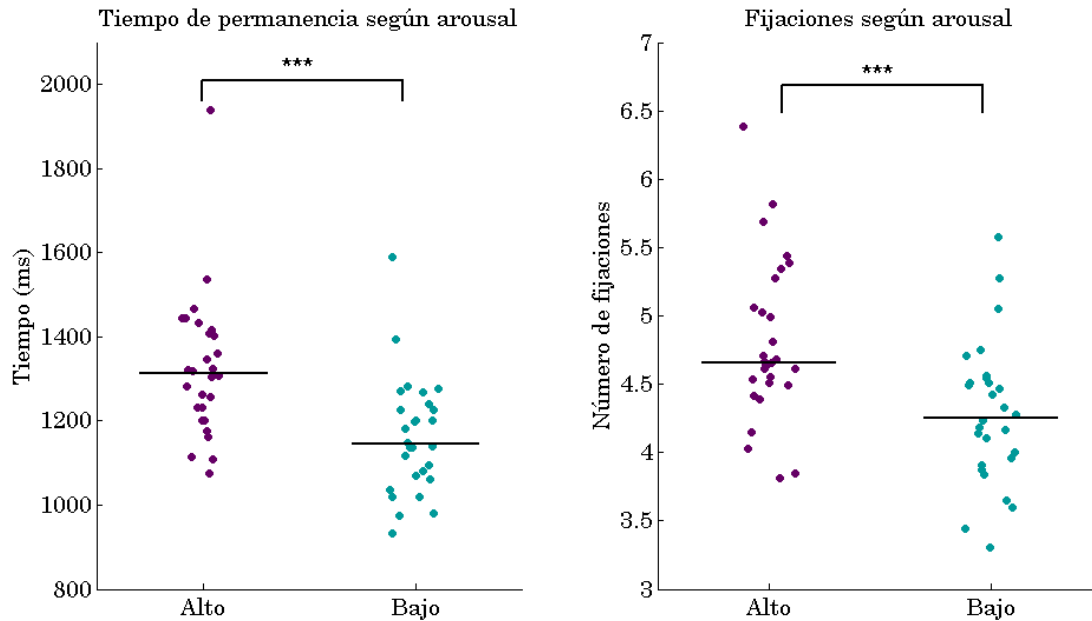


Figura 10: Distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables conductuales estudiadas. Izquierda: Imágenes con alto arousal son observadas en promedio mayor tiempo en comparación a imágenes de bajo arousal. Derecha: el mayor número de fijaciones promedio se concentran en las imágenes de alto arousal en comparación a las de bajo arousal.. ***= $p < 0.001$

Arousal	Tiempo de permanencia		Fijaciones	
	U_3	Intervalo de confianza	U_3	Intervalo de confianza
Bajo vs Alto	0.928	0.714 - 1	0.821	0.678- 0.964

Tabla 10: Tamaño del efecto con intervalo de confianza para la comparación entre nivel de arousal, indicativo del porcentaje de la muestra que se encuentra bajo la mediana de la segunda muestra.

Nuestros resultados sugieren que el nivel de arousal ejerce una fuerte modulación sobre las variables conductuales analizadas, al predominantemente dirigir la atención hacia aquellas imágenes con niveles más altos de arousal.

Respuesta pupilar

De la misma forma que para el análisis según valencia, se exploró la respuesta pupilar considerando los 7 parámetros de contracción y dilatación previamente descritos para la valencia emocional. Se dividieron las dos categorías según la imagen hacia la que se transita, sin considerar la imagen de origen. Las curvas promedio para los grupos "alto arousal" y "bajo arousal" al momento de la transición se muestran en la Figura 11.

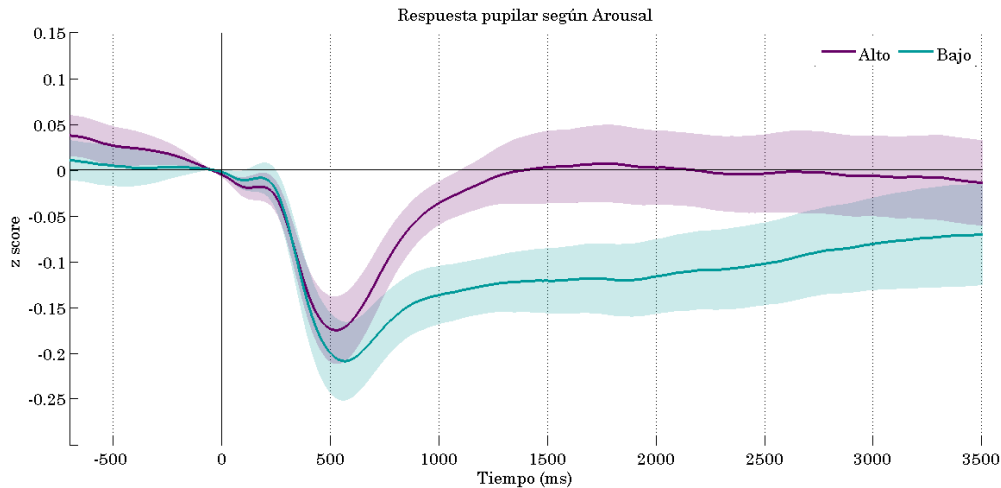


Figura 11: curva de respuesta pupilar normalizada en z score con intervalo de confianza según arousal emocional. La línea en tiempo 0 señala el momento de transición desde una imagen de cualquier categoría hacia otra imagen. El color de la curva indica el nivel de arousal de la imagen de destino.

a. Variables pupilares de contracción

Al igual que en el caso de la valencia, se limitó la ventana de análisis de los parámetros de contracción desde los 0 a 800 ms post transición. Las medianas de los valores obtenidos para las variables de contracción con sus rangos intercuartílicos se muestran en la tabla 11.

	Contracción máxima		Latencia de contracción		Velocidad de contracción	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Alto	-0.1929	0.1122	538	118	4.18×10^{-4}	2.56×10^{-4}
Bajo	-0.2394	0.1034	560	142.5	4.74×10^{-4}	2.63×10^{-4}

Tabla 11. Medianas y rangos intercuartílicos de las variables de contracción pupilar

Al transitar hacia imágenes de alto arousal la respuesta de contracción inicial que se produce es de menor magnitud, menor latencia de respuesta y menor velocidad para la categoría alto

arousal. Esta diferencia es estadísticamente significativa en todos los casos cuando se compara con la categoría “bajo arousal” (CM y VD $p < 0.001$; LC $p < 0.01$) (Figura suplementaria 5). Tal efecto es confirmado cuando se explora el tamaño del efecto de los pares evaluados encontrándose en todas las variables valores altos de U_3 (lejanos a 0.5), con excepción de la latencia de contracción donde el tamaño del efecto es moderado ($U_3 = 0.63$) (Tabla 12).

	Contracción máxima		Latencia contracción		Velocidad contracción	
	U_3	IC	U_3	IC	U_3	IC
Alto vs. Bajo	0.19	[0.037 - 0.59]	0.63	[0.43 - 0.85]	0.3	[0.15 - 0.59]

Tabla 12. Tamaño del efecto para las variables de contracción del par alto arousal vs bajo arousal y su intervalo de confianza. En azul se resaltan las variables donde existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Similar a lo observado en el caso de las imágenes negativas, en relación a la contracción pupilar, los valores menores de contracción ocurren para las transiciones hacia imágenes de alto arousal lo que evidencia un procesamiento temprano del arousal emocional.

b. Variables pupilares de dilatación

Al igual que en el caso de la valencia, se limitó la ventana de análisis de los parámetros de contracción desde los 0 a 800 ms post transición. Las medianas de los valores obtenidos para las variables de contracción con sus rangos intercuartílicos se muestran en la tabla 13.

	Dilatación máxima		Delta dilatación		Latencia dilatación		Velocidad contracción	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Alto	0.0191	0.1184	0.2183	0.1327	1500	593	$2,31 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$
Bajo	-0.0667	0.0774	0.1692	0.1063	1094	958	$1,91 \times 10^{-4}$	$4,05 \times 10^{-4}$

Tabla 13. Medianas y rangos intercuartílicos de las variables de dilatación pupilar

Cuando ocurre una transición, posterior a la contracción inicial se observa una respuesta de dilatación cuyo valor máximo (dilatación máxima) supera el valor inicial solo en el caso de las imágenes de alto arousal. Las imágenes de bajo arousal generan una dilatación significativamente menor ($p < 0.001$) con un delta de dilatación también menor en comparación con las imágenes de alto arousal ($p < 0.001$). La latencia de dilatación y la velocidad de dilatación

también muestran valores significativamente mayores en la categoría alto arousal vs bajo arousal ($p < 0.01$) (Figura suplementaria 4).

El tamaño del efecto indica una gran diferencia entre las muestras para la dilatación máxima, con tamaños de efecto moderados para el delta de dilatación, velocidad y latencia de dilatación ($U_3 = 0.3$) (Tabla 14).

	Delta dilatación		Dilatación máxima		Latencia dilatación		Velocidad dilatación	
	U ₃	IC	U ₃	IC	U ₃	IC	U ₃	IC
Alto vs Bajo	0.3	[0.11 - 0.48]	0.074	[0 - 0.26]	0.3	[0.11 - 0.48]	0.3	[0 - 0.63]

Tabla 14. Tamaño del efecto para las variables de dilatación del par alto arousal vs bajo arousal y su intervalo de confianza. En azul se resaltan las variables donde existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Estos resultados muestran que durante la fase de dilatación, existe una gran diferencia en la magnitud de dilatación observada según el nivel de arousal, siendo superiores los valores observados para las imágenes de alto arousal.

IV. Valencia y Arousal

Dado que los resultados previos confirman la influencia tanto de la valencia como el arousal en la conducta y respuesta pupilar, se investigó si al subdividir cada categoría emocional por su nivel de arousal se aprecian diferencias significativas dentro de cada valencia. A pesar de que se seleccionaron las imágenes de manera que el arousal fuese similar entre las categorías, inherentemente las imágenes con valencia emocional poseen niveles de arousal mayores que las imágenes neutras, especialmente las negativas, y escasamente se encuentran imágenes neutras de alto arousal. (Figura 12).

El promedio de arousal de los mosaicos es 4.8 por lo que se utilizó tal valor como puntaje de corte al momento de definir alto y bajo arousal. Los grupos analizados fueron 2 para la valencia negativa (Neg Alto y Neg Bajo) y 2 para la valencia positiva (Pos Alto y Pos Bajo). Se descartó la categoría neutra por no poseer valencia emocional y contener solo 24 imágenes de alto arousal de un total de 252.

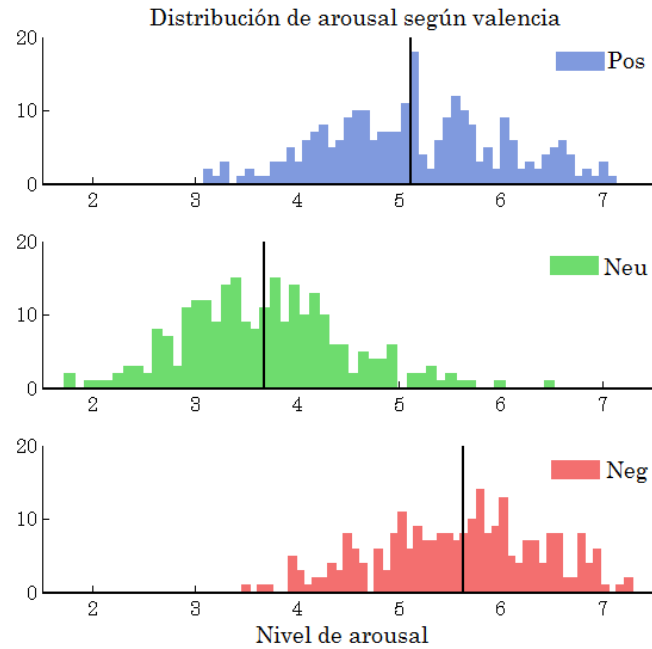


Figura 12. Distribución del nivel de arousal para las 3 categorías emocionales: positiva (Pos), neutra (Neu) y negativa (Neg).

Resultados conductuales

Al considerar el arousal dentro de cada categoría emocional, y realizar la comparación de pares (negativas de alto arousal vs negativas de bajo arousal y positivas de alto arousal vs positivas de bajo arousal) ni el tiempo de permanencia ni el número de fijaciones muestran diferencias significativas (Fig. 13).

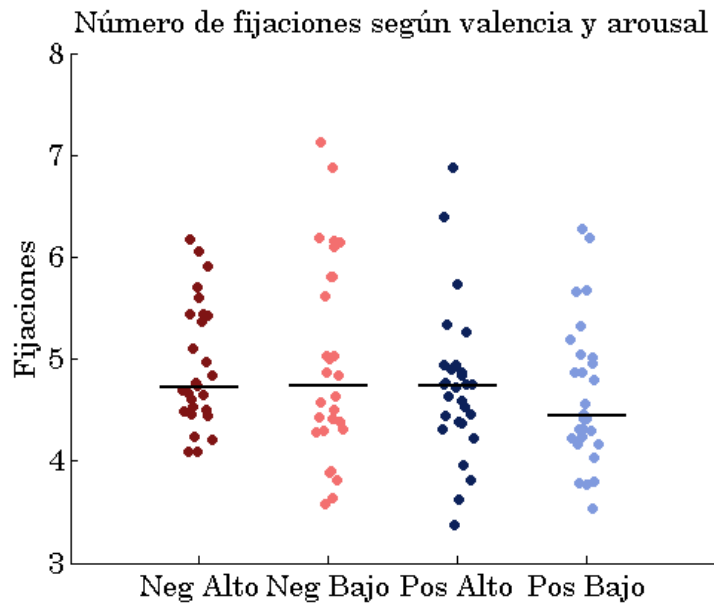
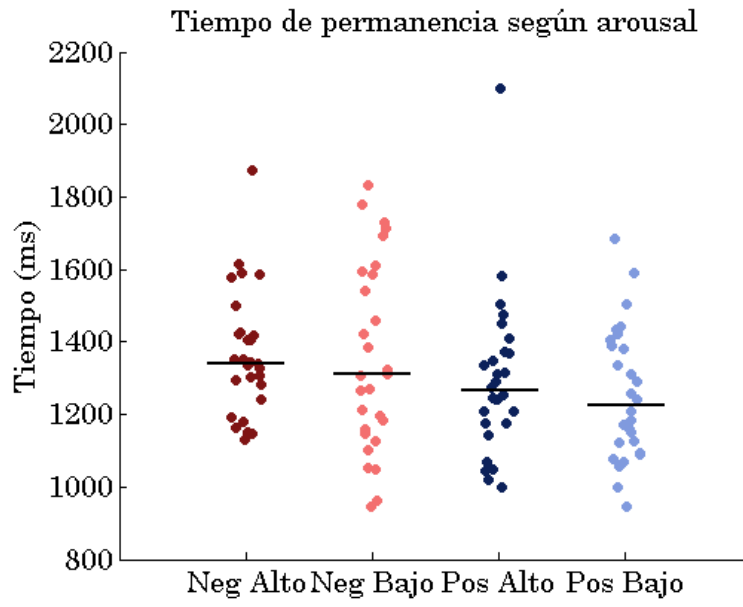


Figura 13. tiempo de permanencia (superior) y número de fijaciones (inferior) según categoría emocional y arousal. No se observan diferencias significativas entre cada categoría emocional al dividir las según nivel de arousal

Debido a que los datos carecen de normalidad y linealidad, la capacidad de realizar un análisis multivariado se encuentra reducida. Sin embargo, considerando el alcance y las limitaciones del análisis, se aplicaron dos modelos multivariados que consideraran el tiempo de permanencia promedio de cada sujeto en las 4 categorías (neg alto, neg bajo, pos alto y pos bajo) y nos aproximaran de manera exploratoria al impacto de la valencia y el arousal en la respuesta conductual.

En primer lugar se realizó una regresión múltiple la cual a pesar de no arrojar diferencias estadísticamente significativas ($p=0.08$), indica que el impacto de la valencia (-86.38, [-164.94 - 7.8]) es muy superior al del arousal (-24.43, [-102.99 54.13]), siendo este último descartable por su amplio intervalo de confianza. Un segundo análisis consistió en una ANOVA de 2 factores el cual mostró que solo la valencia ($p=0.032$) y no el arousal ($p=0.54$) ni la interacción de ambos factores ($p=0.73$) explica las diferencias en los tiempos de permanencia en imagen de los distintos grupos.

Dado que el nivel de arousal no influye significativamente sobre el tiempo de permanencia dentro de cada categoría emocional, sería la valencia emocional y no el arousal el factor determinante en la modulación conductual observada.

Respuesta pupilar

A diferencia de lo observado conductualmente, sí existe modulación por parte del arousal emocional sobre la respuesta pupilar de la valencia positiva y negativa. Para la valencia positiva las principales diferencias ocurren en la etapa de dilatación, donde el valor de pupila incluso supera el valor basal, mientras que para la valencia negativa, los cambios ocurren desde la etapa de contracción en adelante (Figura 14).

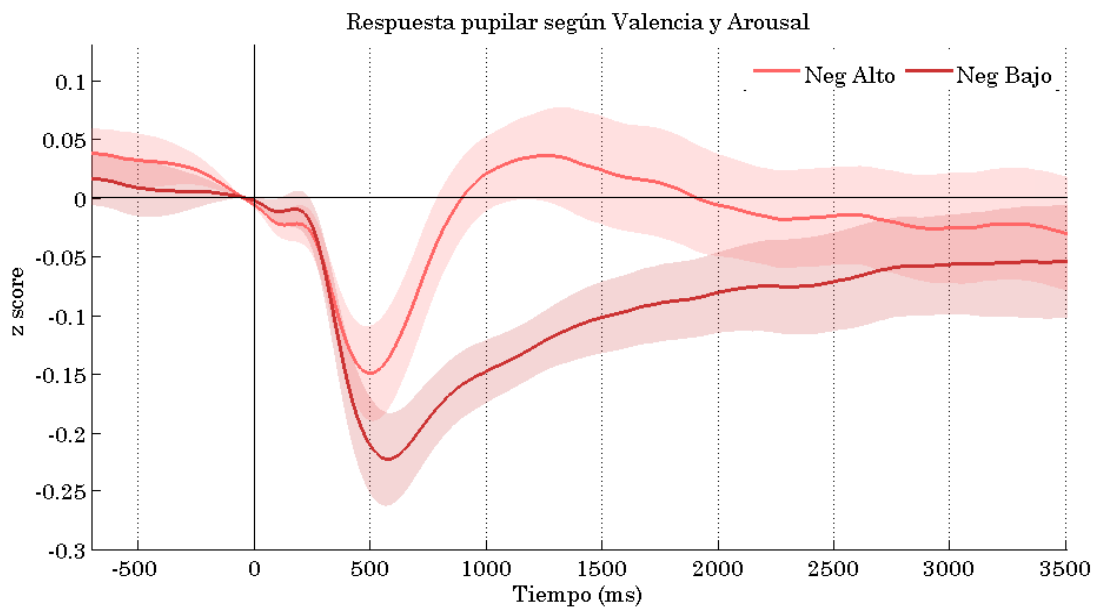
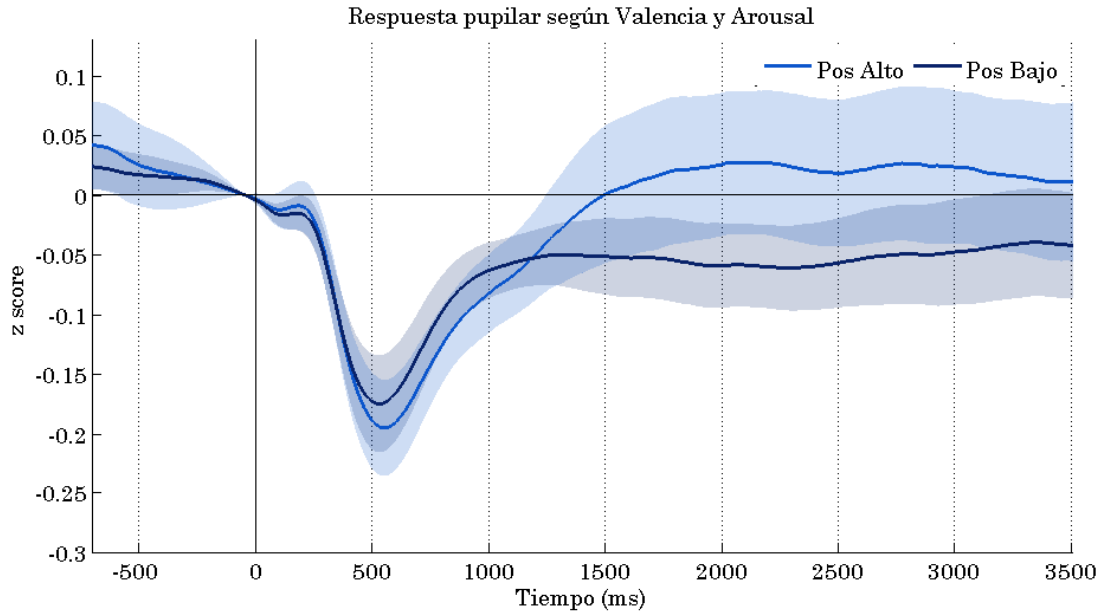


Figura 14. curva de respuesta pupilar normalizada en z score con intervalo de confianza. La línea en tiempo o señala el momento de transición hacia imágenes positivas de alto o bajo arousal (superior) y a

a. Variables pupilares de contracción

Similar a los casos anteriores, se exploró la modulación del arousal sobre la valencia emocional durante la etapa de contracción en una ventana temporal de 0 a 800ms. Las medianas y rangos intercuartílicos de las variables de contracción se muestran en la tabla 15.

	Contracción máxima		Latencia contracción		Velocidad contracción	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Pos Alto	-0.2088	0.1301	552	124.5	4.4×10^{-4}	3.22×10^{-4}
Pos Bajo	-0.1886	0.1137	526	130.5	4.21×10^{-4}	2.22×10^{-4}
Neg Alto	-0.1534	0.0931	506	96	3.81×10^{-4}	2.81×10^{-4}
Neg Bajo	-0.2602	0.1055	568	137	4.85×10^{-4}	2.88×10^{-4}

Tabla 15. Medianas y rangos intercuartílicos de las variables de contracción pupilar para las 4 categorías de valencia y arousal emocional

En la etapa de contracción pupilar, las imágenes con valencia emocional positiva muestran un valor de contracción máxima y de velocidad de contracción similar a pesar del nivel de arousal. La única variable que se modula es la latencia de contracción, encontrándose que las imágenes positivas de alto arousal alcanzan su contracción máxima más tardíamente que las imágenes positivas de bajo arousal ($p < 0.05$).

En el caso de las imágenes negativas, la modulación es más evidente. Imágenes negativas de alto arousal poseen valores de contracción máxima, latencia de contracción y velocidad de contracción significativamente menores que las imágenes negativas de bajo arousal (CM, LC, VC: $p < 0.001$) (Figura suplementaria 6).

El tamaño del efecto para ambos pares comparados confirma que para la valencia emocional positiva, el arousal solo afecta la latencia de contracción mientras que para la valencia emocional negativa existen cambios en todas las variables de contracción. (Tabla 16).

	Contracción máxima		Latencia contracción		Velocidad contracción	
	U ₃	IC	U ₃	IC	U ₃	IC
Pos Alto vs Pos Bajo	0.59	[0.37 - 0.81]	0.33	[0.11 - 0.63]	0.56	[0.3 - 0.815]
Neg Alto vs Neg Bajo	0.15	[0.04 - 0.33]	0.81	[0.59 - 1]	0.3	[0.11 - 0.52]

Tabla 16. Tamaño del efecto para las comparaciones de pares según arousal en las dos categorías emocionales estudiadas

De la misma forma que para el análisis conductual, considerando la falta de normalidad y linealidad en los datos, se realizaron en forma exploratoria regresiones múltiples y ANOVAs de 2 factores. La regresión múltiple no indicó diferencias significativas para ninguna de las variables

de contracción, a la vez que carecía de intervalos de confianza que permitieran atribuir el efecto uno de los dos factores (valencia o arousal). El ANOVA de 2 factores por otro lado muestra que la modulación en la fase de contracción no depende del arousal ni la valencia si no de la interacción de ambos factores (cm $p < 0.01$, lc $p < 0.05$, vc $p < 0.05$).

Considerando la respuesta pupilar gatillada acorde a la valencia y el arousal, donde las etapa de contracción difiere en el caso de la valencia positiva vs la negativa y que el nivel de arousal modula principalmente la respuesta a las imágenes negativas, la fase de contracción dependería de la interacción de la valencia y el arousal emocional de las imágenes.

b. Variables pupilares de dilatación

Para la etapa de dilatación, se mantuvo la ventana de análisis de los 400 a 1800 ms. Medianas y rangos intercuartílicos de las variables de dilatación se muestran en la tabla 17.

	Dilatación máxima		Delta dilatación		Latencia dilatación		Velocidad dilatación	
	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I	Mediana	R.I
Pos Alto	0.0565	0.1886	0.2782	0.1615	1772	323	2.38×10^{-4}	1.26×10^{-4}
Pos Bajo	-0.0135	0.0818	0.1738	0.1190	1426	798	2.04×10^{-4}	1.63×10^{-4}
Neg Alto	0.0631	0.1370	0.2137	0.1689	1290	737	2.75×10^{-4}	3.05×10^{-4}
Neg Bajo	-0.0672	0.1117	0.1741	0.1055	1698	672	1.68×10^{-4}	1.2×10^{-4}

Tabla 17. Mediana y rangos intercuartílicos de las variables de dilatación para las 4 categorías de valencia y arousal estudiadas

Durante la etapa de dilatación, existe una modulación significativa para ambas valencias emocionales. Para las imágenes emocionales positivas solo aquellas de alto arousal muestran una dilatación que supera el valor basal y el generado por las imágenes positivas de bajo arousal ($p < 0.05$), a la vez que poseen un delta de dilatación de mayor magnitud que el de las imágenes de bajo arousal ($p < 0.001$). Tal dilatación ocurre en forma más tardía (latencia) ($p < 0.05$) y a una velocidad escasamente superior en comparación con las imágenes positivas de bajo arousal ($p = 0.94$).

Al subdividir la categoría emocional negativa en alto y bajo arousal, son las imágenes de alto arousal las que generan la mayor dilatación máxima ($p < 0.001$) y delta de dilatación ($p < 0.05$) con una velocidad significativamente más rápida ($p < 0.001$), no obstante la latencia de dilatación, a

pesar de ser mayor para la categoría bajo arousal, no alcanza significancia estadística ($p=0.94$) (Figura suplementaria 7).

La medición del tamaño del efecto reafirma los hallazgos para todas las variables con significancia estadística Tanto para la latencia de dilatación en el caso de las imágenes negativas ($U_3=0.7$), como la velocidad de dilatación para las imágenes positivas ($U_3=0.33$), que no poseen un p -value superior a 0.05, el tamaño del efecto indica la existencia de un efecto atribuible al nivel de arousal en ambos casos (Tabla 18).

	Dilatación máxima		Delta dilatación		Latencia dilatación		Velocidad dilatación	
	U_3	IC	U_3	IC	U_3	IC	U_3	IC
Pos Alto vs Pos Bajo	0.33	[0.15 - 0.56]	0.3	[0.11 - 0.48]	0.3	[0.11 - 0.48]	0.33	[0.11 - 0.67]
Neg Alto vs Neg Bajo	0.04	[0 - 0.15]	0.37	[0.15 - 0.59]	0.7	[0.52 - 0.93]	0.22	[0.07 - 0.44]

Tabla 18. Tamaño del efecto para las comparaciones de pares según arousal en las dos categorías emocionales estudiadas

En la etapa de dilatación, la regresión múltiple arrojó diferencias significativas para la dilatación máxima y el delta de dilatación, asignándole una influencia mayor al arousal mientras que la valencia tendría un escaso impacto. El ANOVA de 2 factores indica que de las variables de dilatación, que el arousal modula la dilatación máxima y el delta de dilatación ($p<0.01$), mientras que la velocidad de dilatación dependería del arousal ($p<0.05$) y la latencia de dilatación tanto del arousal ($p<0.05$) como de la interacción de la valencia con el arousal ($p<0.01$).

A diferencia de la etapa de contracción, los resultados sugieren que en la etapa de dilatación se encontraría modulada principalmente por el arousal emocional con una influencia mucho menor de la categoría emocional de las imágenes

En términos generales, los resultados obtenidos muestran que tanto la valencia emocional como el arousal de las imágenes influye sobre la conducta exploratoria de los sujetos en forma individual, sin embargo a este nivel conductual, la magnitud del arousal por sí sola no logra modificar la conducta dentro de una misma categoría emocional.

En relación a la respuesta pupilar desencadenada por el sistema autonómico, en el análisis según valencia emocional es posible distinguir que las imágenes negativas gatillan un patrón de contracción y dilatación diferente al de las imágenes neutras y positivas, al igual que ocurre con

las imágenes de alto arousal en comparación con las de bajo arousal. No obstante, al separar cada valencia emocional según su nivel de arousal es posible observar que el nivel de arousal modula el nivel de activación autonómica, especialmente en la fase de dilatación, donde imágenes de alto arousal poseen una dilatación mayor y a tiempos más tardíos que las imágenes de bajo arousal.

DISCUSIÓN

Utilizando un paradigma de exploración libre en un entorno en el que coexisten estímulos de diferente categoría emocional, evidenciamos que el procesamiento emocional de imágenes con contenido afectivo modula el direccionamiento atencional visual, modificando el tiempo que los sujetos permanecen en las imágenes y el número de fijaciones que en ellas realizan, especialmente cuando el contenido emocional es inherentemente negativo. Conjuntamente observamos que la respuesta de contracción y dilatación que experimenta la pupila posterior a una transición entre dos imágenes posee características particulares que son atribuibles a la valencia de la imagen, dando cuenta de una respuesta emocional gatillada por la carga afectiva del estímulo.

Tradicionalmente se ha descrito un sesgo que favorece la captura atencional de estímulos emocionales en tareas relacionadas a la discriminación de estímulos (Brösch y cols, 2008) y exploración de imágenes únicas (Kashihara y cols, 2013), donde los mecanismos atencionales reclutados son predominantemente bottom-up. La presentación de imágenes únicas en paradigmas que involucran la interacción de mecanismos top-down con bottom-up ha puesto de manifiesto la relevancia de los factores cognitivos y contextuales en la conducta exploratoria, especialmente cuando se trata de visión libre (Kaspar y cols, 2013). Nuestros hallazgos amplían lo que hasta la fecha se conocía: de la respuesta pupilar observada corroboramos que los estímulos emocionales son rápidamente detectados, generándose una activación autonómica acorde al valor afectivo inherente de estos, mientras que el paradigma utilizado nos permite aseverar que el sesgo atencional se extiende más allá de la captura atencional automática, persistiendo en el tiempo y determinando una preferencia por los estímulos emocionales aún cuando el sujeto dirige libre y voluntariamente su atención desde una imagen a otra.

Por otra parte, a pesar del perfil temporal que originalmente fue descrito para la pupila, donde las mayores diferencias se encuentran en la fase de dilatación (Bradley y cols, 2008), nuestras observaciones se asemejan a lo obtenido previamente por Fullerton (Fullerton, 2010) y Vásquez (Vásquez, 2011) quienes reportan diferencias desde la fase de contracción pupilar. A pesar del constante y rápido tránsito desde una imagen a otra, 400 ms de observación son suficientes para que la pupila experimente una respuesta de contracción y dilatación post-estímulo, cuya magnitud es modulada desde la fase de contracción en el caso de las imágenes negativas y desde la etapa de dilatación en el caso de las imágenes positivas. Estas diferencias con Bradley podrían

deberse a la variabilidad propia que posee la reactividad pupilar y que en nuestro caso, al igual que Fullerton y Vásquez, fue controlada al utilizar una métrica de pupila estandarizada.

Sin embargo, la respuesta descrita no es exclusiva de la valencia emocional. El arousal emocional también se encuentra altamente ligado a la conducta exploratoria y la respuesta pupilar. En términos generales, el arousal corresponde a el estado de activación cortical, endocrino y autonómico que acompaña a una conducta (Pfaff y cols, 2008) por lo que se relaciona en gran medida con los sistemas neurales subcorticales asociados a los procesos de vigilia (Alexandre y cols, 2013). El nivel de arousal de las imágenes involucra un mecanismo de tipo bottom-up, el cual promovería el estado de alerta preparatorio para una eventual respuesta conductual. Es coherente que cuando los sujetos exploran libremente escenas complejas, el direccionamiento atencional involucre la participación de mecanismos atencionales de tipo top-down que reflejen el procesamiento del contenido de los estímulos, en este caso su naturaleza beneficiosa, perjudicial o neutra, y que esto se vea reflejado como una modulación dependiente de la valencia emocional y no del nivel de arousal de las imágenes .

Cuando analizamos la pupila, obtenemos un indicador del estado de activación autonómica asociado por las imágenes. Un mayor de arousal general se asocian con una respuesta simpática más pronunciada por lo que no es extraño que la pupila muestre una modulación dependiente del arousal. No obstante, el estado emocional también se traduce en un estado autonómico particular que genera cambios a nivel de diámetro pupilar, tal como ha sido reportado previamente (Bradley y cols, 2008). Este mismo tipo de modulación encontramos cuando los sujetos transitan libremente entre diferentes categorías emocionales de imágenes, sin embargo ya que imágenes con contenido emocional tienen un nivel de arousal mayor que las neutras, observamos que es dicho nivel de arousal con una menor contribución de la valencia lo que explica las diferencias de reactividad pupilar observada.

A la fecha solo se había explorado el efecto de la valencia sobre la reactividad pupilar (Kashihara y cols, 2013; Bradley y cols, 2008; Fullerton, 2010; Vásquez, 2011) por lo que la influencia del arousal no había sido establecida. Nuestros resultados sugieren que la conducta atencional visual puede ser afectada por el arousal pero depende principalmente del componente emocional de los estímulos mientras que el estado de activación autonómica depende del arousal y su interacción con la valencia emocional.

Esto identificaría a la valencia y el arousal como dos componentes individuales y complementarios del procesamiento emocional que se expresarían en forma diferente durante el proceso de atención a estímulos emocionales. La valencia emocional sería la clave que permite identificar un estímulo como potencialmente beneficioso o perjudicial, lo que se manifestaría en una preferencia atencional desde la detección automática hasta el direccionamiento atencional voluntario sobre los estímulos con relevancia biológica, posibilitando así la modificación de la conducta en curso. Otros autores ya habían enfatizado la necesidad de diferenciar entre valencia emocional y arousal asociándolos incluso a correlatos neurales independientes (Kensiger, 2004; Kaspar y cols, 2012). Aunque correspondiesen a dos dimensiones diferentes, estas constantemente interactúan favoreciendo la identificación del componente emocional del estímulo. Emociones asociadas a altos niveles de arousal, tales como enojo o temor, son identificadas y categorizadas más rápidamente que emociones con menores niveles de arousal, por ejemplo disgusto, tristeza o felicidad (Balconi y cols, 2014).

El arousal emocional entonces, complementaría el valor emocional de un estímulo y realzaría algunos estímulos sobre otros para la ejecución de una conducta. Esto explicaría el porqué tanto la valencia emocional como el arousal por sí solos repercuten en el direccionamiento atencional visual favoreciendo la observación de aquellas imágenes con valor afectivo o alto arousal, y el porqué la conducta no sufre cambios cuando se incorpora el nivel de arousal dentro de cada valencia emocional. Los estímulos que ya han sido identificados como negativos o positivos, no requieren ser potenciados por el nivel de arousal porque a nivel cognitivo la atención ya ha sido dirigida a ellos aunque a nivel autonómico sí existe un procesamiento particular.

Estímulos con altos niveles de arousal, de por sí se asocian a un menor grado de contracción y una mayor dilatación pupilar, incluso cuando se explora dentro de cada valencia emocional. Estas diferencias pueden estar dadas por el nivel de activación simpática y parasimpática inducido por las imágenes. Ante estímulos de alto arousal (predominantemente negativos), el sistema simpático aumentaría su actividad, permitiendo la dilatación de la pupila; a diferencia de los estímulos de bajo arousal, los que no tendrían la potencia suficiente para gatillar una respuesta simpática que supere la actividad parasimpática basal. Una disminución en la actividad parasimpática sin variaciones a nivel simpático también se expresaría de la misma manera. De todos modos, es coincidente que aquellos estímulos que más cambios provocan a nivel autonómico son también aquellos a los cuales la atención es preferentemente dirigida, lo que habla de un proceso dual en el cual la atención es rápidamente orientada hacia los estímulos

emocionalmente relevantes y se estimula un estado de activación autonómica consecuente con la inminente respuesta conductual.

A pesar de que establecer las bases neurales que sustentan la relación entre direccionamiento atencional y procesamiento emocional van más allá del alcance de este estudio, algunos autores han planteado que la información espacial y emocional podría encontrar sitios de integración en la amígdala, en la corteza visual o en las mismas regiones frontoparietales involucradas en el control top-down de la atención (Mohanty y cols, 2013).

Nuestra evidencia reafirma la conexión entre procesamiento emocional y atención visual, entregando un paradigma de estudio extrapolable a condiciones más ecológicas que lo conocido a la fecha. Los hallazgos tanto para la dimensión de valencia como para arousal sugieren que las emociones son entidades al menos bidimensionales cuyos componentes influirían tanto en la respuesta conductual como en el estado fisiológico asociado. Considerar las emociones solo por la categoría afectiva a la que pertenecen parece ser una sobre simplificación ya que en una misma dimensión conviven emociones fácilmente diferenciables y que podrían asociarse a respuestas conductuales diferentes. Además, no es posible identificar una sola forma de exploración común a todos los sujetos lo cual refuerza la idea de que factores intrínsecos a los sujetos guían la conducta atencional. Estudios que consideren emociones en particular y no solo la valencia emocional en condiciones de exploración libre de múltiples estímulos podrían ahondar en la relación entre atención y emoción a la vez que tal paradigma podrían ser utilizados en estudios conductuales para caracterizar trastornos que cursan con alteraciones atenciones y/o emocionales.

CONCLUSIÓN

La naturaleza emocional de los estímulos es capaz de modular la respuesta de direccionamiento atencional visual modificando el tiempo que los sujetos permanecen en las imágenes con contenido emocional y el número de fijaciones que en ellas realizan. Por otro lado, el componente emocional de los estímulos es rápidamente identificado, gatillando una respuesta autonómica de contracción con consiguiente dilatación que es particular a la categoría afectiva. Nuestros resultados corroboran la hipótesis de que el contenido emocional de los estímulos modula el direccionamiento atencional voluntario en condiciones de observación libre, no obstante nuestros hallazgos no son exclusivos de la valencia emocional. El arousal o estado de activación general inducido por las imágenes también modula el direccionamiento atencional visual y la respuesta pupilar de similar forma que la valencia, aunque un análisis más exhaustivo permite determinar que a nivel conductual es preponderante el efecto de la valencia emocional mientras que a nivel pupilar la influencia del arousal es mayor. Esta relación indicaría que valencia y arousal son dos dimensiones del procesamiento emocional con roles distintivos: Mientras la valencia emocional orienta la atención a los estímulos con contenido afectivo para la identificación de posibles amenazas o beneficiosos, el arousal generaría un estado de alerta que prepara al sujeto para una inminente respuesta conductual. Futuras investigaciones que consideren una categorización más precisa de las emociones entregarían nuevas luces sobre cómo algunas emociones y no otras, considerando valencia y arousal, influyen en el direccionamiento atencional visual voluntario.

BIBLIOGRAFÍA

- Balconi M, Vanutelli ME, Finocchiaro R. Multilevel analysis of facial expressions of emotion and script: self-report (arousal and valence) and psychophysiological correlates. *Behav Brain Funct* (2014) 26;10(1):32.
- Bertels J, Kolinsky R, Coucke D, Morais J. When a bang makes you run away: Spatial avoidance of threatening environmental sounds. *Neurosci Lett* (2013); 535: 78–83.
- Borji A, Itti L. Defending Yarbus: Eye movements reveal observers' task. *J Vision* (2014) 14(3):29, 1–22
- Borji A, Sihite DN, Itti L. What stands out in a scene? A study of human explicit saliency judgment. *Vision Res.* (2013) 18;91:62-77
- Bradley M, Miccoli L, Escrig M, Lang P. The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology* (2008); 45(4):602-607.
- Brosch T, Sander D, Pourtois G, Scherer KR. Beyond fear: rapid spatial orienting toward positive emotional stimuli. *Psychol Sci.* (2008) 19(4):362-70
- Corbetta M, Shulman G. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci.* (2002); 3(3):201-15
- Corbetta M, Patel G, Shulman G. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron* (2008) 8;58(3):306-324
- Damasio A, Carvalho GB. The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nat Rev Neurosci.* (2013) 14(2):143-152.
- Desimone R, Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu Rev Neurosci.* (1995); 18:193–222
- Dufey M, Fernández AM, Mayol R. Adding support to cross-cultural emotional assessment: Validation of the International Affective Picture System in a Chilean sample. *Univ. Psychol.* (2011), 10(2):373-385.
- Fecteau J, Bell A, Muñoz D. Neural correlates of the automatic and goal-driven biases in orienting spatial attention. *J Neurophysiol* (2004) 92: 1728–1737.
- Folkow B. Perspectives on the integrative functions of the 'sympatho-adrenomedullary system'. *Auton Neurosci* 83 (2000) 101–115
- Fotiou D.F, Stergiou V, Tsiptsios D, Lithari C, Nakou M, Karlovasitou A. Cholinergic deficiency in Alzheimer's and Parkinson's disease: Evaluation with pupillometry. *Int J Psychophysiol* (2009) 73: 143–149
- Fullerton C. Reactividad pupilar y tono hedónico ante estímulos con valencia emocional. Tesis de Magister en Ciencias Biomédicas, Mención Neurociencias. Universidad de Chile (2010).
- Giza E, Fotiou D, Bostantjopoulou S, Katsarou Z, Karlovasitou A. Pupil Light Reflex in Parkinson's Disease: Evaluation With Pupillometry. *Int J Neurosci* (2011) 121, 37–43.
- Golland Y, Keissar K, Levit-Binnun N. Studying the dynamics of autonomic activity during emotional experience. *Psychophysiology* (2014) doi: 10.1111/psyp.12261.
- Granholm E, Steinhauer S. Pupillometric measures of cognitive and emotional processes. *Int J Psychophysiol* (2004) 52:1–6

Hentschke H, Stüttgen MC. Computation of measures of effect size for neuroscience data sets. *Eur J Neurosci* (2011); 34(12):1887-94.

Hess, E.H. (1972). Pupillometrics. In: Greenfield, N.S., Sternbach, R.A. (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*. Holt, Richard & Winston, New York, NY, pp. 491–531

Itti L, Koch C. Computational modeling of visual attention. *Nat Rev Neurosci*. (2001) Mar;2(3):194-203.

Janisse, M.P. (1974). Pupil size, affect and exposure frequency. *Social Behavior and Personality* 2, 125–146.

Kashihara K, Okanoya K, Kawai N. Emotional attention modulates microsaccadic rate and direction. *Psychol Res*. (2013) Mar 28

Kaspar K, Hloucal T-M, Kriz J, Canzler S, Gameiro RR, et al. Emotions' Impact on Viewing Behavior under Natural Conditions. *PLoS ONE* (2013) 8(1): e52737

Kaspar K, König P. Emotions and personality traits as high-level factors in visual attention: a review. *Front Hum Neurosci* (2012) 29;6:321

Kensinger EA. Remembering emotional experiences: the contribution of valence and arousal. *Rev Neurosci* (2004) 15: 241–251.

Koehler, K., Guo, F., Zhang, S., & Eckstein, M. P. What do saliency models predict? *J Vision* (2014) 14(3): 1–27

Krauzlis R, Lovejoy L, Zénon A. Superior colliculus and spatial attention. *Annu. Rev. Neurosci* (2013) 36:165-182

Kreibig SD. Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biol Psychol*. (2010) 84(3):394-421

Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN. International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical Report A-6. 2005, Gainesville, FL: University of Florida, EEUU*

Leite J, Carvalho S, Galdo-Alvarez S, Alves J, Sampaio A, Gonçalves O. Affective picture modulation: valence, arousal, attention allocation and motivational significance. *Int J Psychophysiol*. (2012) 83(3):375-81

Masciocchi CM, Mihalas S, Parkhurst D, Niebur E. Everyone knows what is interesting: salient locations which should be fixated. *Journal of Vision*. (2009) 9(11):25.1-22

Mohanty A, Sussman T. "Top-down" modulation of attention by emotion. *Front Hum Neurosci* (2013); 7:102

Navalpakkam V, Itti L. Modeling the influence of task on attention. *Vision Res*. (2005); 45(2):205-31.

Parkhurst D, Law K, Niebur E. Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Res*. (2002) 42(1):107-123.

Partala T, Surakka V. Pupil variation as an indicator of affective processing. *Int. J. Human-Computer Studies* 59 (2003) 185–198

Raz A, Buhle J. Typologies of attentional networks. *Nat Rev Neurosci*. (2006) 7(5):367-79.

Rösler A, Ulrich C, Billino J, Sterzer P, Widauer S, Bernhardt T, Steinmetz H, Frölich L, Kleinschmidt A. Effects of arousing emotional scenes on the distribution of visuospatial attention: changes with aging and early subcortical vascular dementia. *J Neurol Sci*. (2005) 15:109-116

Russell AF, Mihalaş S, von der Heydt R, Niebur E, Etienne-Cummings R. A model of proto-object based saliency. *Vision Res* (2014) 94: 1–15

Shiota M, Neufeld S, Yeung W, Moser S, Perea E. Feeling Good: Autonomic Nervous System Responding in Five Positive Emotions. *Emotion* (2011) 11(6): 1368–1378

Steinhauer S, Siegle G, Conrad R, Pless M. Sympathetic and parasympathetic innervation of pupillary dilation during sustained processing. *Int J Psychophysiol* (2004) 55(1): 77–86.

van Reekum C, Johnstone T, Urry H, Thurow M, Schaefer H, Alexander A, Davidson R. Gaze fixations predict brain activation during the voluntary regulation of picture-induced negative affect. *Neuroimage* (2007) 36(3):1041-1055

Vásquez A. La práctica de la Meditación y la Respuesta Emocional estudiada a través de la reactividad pupilar. Tesis de Magíster en Ciencias Biomédicas, Mención Neurociencias. Universidad de Chile (2011)

Viviani R. Emotion regulation, attention to emotion, and the ventral attentional network. *Front Hum Neurosci.* (2013) 7:746

Vuilleumier P. How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends Cogn Sci.* (2005) 9(12):585-594

Yarbus, A.L. (1967). *Eye Movements and Vision*. (New York: Plenum Press.)

ANEXO 2: IMÁGENES DE LA IAPS UTILIZADAS

Imágenes positivas

1340	1659	2056	2217	2347	4007	4611	4659	5215	5629	5833	7279	7480	8001	8161	8210	8467
1410	1660	2057	2222	2352	4008	4612	4668	5260	5629	5836	7286	7482	8021	8163	8250	8470
1440	1710	2058	2250	2373	4150	4614	4680	5270	5631	5849	7291	7488	8031	8170	8251	8490
1441	1720	2060	2260	2388	4220	4617	4687	5300	5635	5890	7325	7489	8032	8179	8260	8499
1460	1721	2070	2274	2389	4250	4619	4690	5301	5660	5891	7330	7492	8033	8179	8280	8500
1500	1722	2075	2299	2391	4311	4624	4693	5450	5700	5910	7350	7499	8034	8180	8300	8501
1510	1731	2092	2300	2398	4490	4625	4693	5460	5750	5982	7390	7501	8040	8186	8320	8503
1590	1750	2150	2302	2501	4505	4628	4694	5470	5760	5991	7400	7505	8041	8186	8330	8531
1590	1810	2151	2306	2540	4520	4640	4695	5480	5780	5994	7405	7507	8080	8190	8340	8540
1595	1811	2152	2311	2550	4525	4641	4697	5594	5811	7200	7430	7508	8090	8191	8341	2055.2
1600	1920	2155	2332	2560	4542	4643	4698	5600	5814	7230	7440	7515	8116	8193	8370	2900.2
1604	1999	2156	2339	2630	4574	4645	5199	5621	5820	7240	7450	7570	8117	8200	8371	6250.2
1610	2030	2158	2340	2650	4597	4650	5201	5623	5825	7250	7451	7580	8118	8205	8380	
1640	2040	2160	2342	2660	4598	4653	5202	5626	5829	7260	7460	7650	8120	8206	8400	
1650	2045	2208	2345	2791	4599	4658	5210	5628	5830	7270	7470	7660	8158	8208	8420	

Imágenes neutras

1350	2020	2210	2359	2445	2597	4573	5532	7006	7031	7052	7092	7185	7290	7503	7830	9210
1390	2025	2211	2372	2446	2620	4613	5534	7009	7032	7053	7096	7188	7300	7506	7920	9260
1505	2026	2214	2377	2484	2635	4631	5535	7010	7033	7054	7110	7190	7351	7512	7950	9360
1560	2032	2215	2382	2488	2720	5040	5661	7011	7034	7055	7130	7192	7354	7513	8065	9401
1616	2036	2220	2383	2493	2749	5120	5731	7012	7035	7056	7137	7205	7365	7546	8121	9468
1645	2038	2221	2384	2506	2752	5130	5900	7013	7036	7057	7140	7207	7476	7547	8192	9469
1670	2101	2235	2390	2512	2770	5390	6000	7014	7037	7058	7150	7211	7484	7550	8211	9472
1675	2102	2272	2393	2513	2810	5395	6150	7016	7038	7059	7160	7233	7487	7560	8311	9913
1903	2104	2273	2396	2514	2850	5455	6837	7017	7040	7060	7161	7234	7490	7595	8312	2745.1
1908	2107	2279	2397	2521	2870	5471	6900	7018	7041	7061	7170	7237	7491	7600	8325	3550.2
1935	2122	2305	2400	2525	2880	5500	7000	7019	7042	7062	7175	7242	7493	7620	8466	6570.2
1945	2190	2308	2410	2575	2890	5510	7001	7020	7043	7077	7179	7247	7495	7632	8475	9635.2
1947	2191	2309	2411	2579	2980	5520	7002	7021	7045	7080	7180	7248	7496	7705	9070	
2002	2200	2351	2435	2593	3210	5530	7003	7026	7046	7081	7182	7249	7497	7710	9150	
2018	2206	2357	2441	2595	4500	5531	7004	7030	7050	7090	7183	7255	7500	7820	9171	

Imágenes negativas

1033	1930	2590	2799	3100	3213	5973	6312	6610	8231	9101	9254	9332	9420	9560	9830	9921
1050	1932	2661	2800	3102	3225	6010	6313	6821	8480	9110	9265	9340	9421	9561	9831	9922
1052	2039	2683	2811	3103	3230	6021	6315	6825	8485	9140	9280	9341	9423	9570	9832	9925
1110	2053	2688	2900	3110	3261	6190	6350	6834	9000	9145	9290	9342	9424	9571	9900	9926
1111	2115	2691	2981	3120	3280	6200	6360	6836	9001	9160	9291	9373	9425	9584	9901	9927
1200	2120	2692	3000	3130	3300	6200	6370	6838	9002	9163	9295	9390	9427	9592	9902	9930
1201	2141	2694	3015	3140	3350	6210	6510	6940	9005	9180	9300	9400	9429	9594	9903	9941
1202	2205	2703	3019	3150	3400	6211	6520	7023	9006	9181	9301	9403	9433	9596	9904	2055.1
1205	2301	2710	3030	3160	3500	6212	6530	7078	9008	9182	9302	9405	9435	9599	9905	2345.1
1220	2312	2715	3051	3170	3530	6220	6540	7135	9040	9183	9320	9409	9445	9600	9908	2900.1
1270	2455	2717	3053	3180	3550	6231	6560	7359	9041	9184	9321	9412	9471	9610	9909	3550.1
1274	2456	2718	3059	3181	4635	6240	6561	7360	9043	9185	9322	9414	9491	9622	9910	6570.1
1275	2457	2730	3064	3185	5961	6241	6562	7361	9075	9186	9325	9415	9495	9623	9911	
1280	2490	2750	3068	3190	5971	6242	6570	7380	9090	9250	9326	9417	9520	9630	9912	
1300	2520	2751	3071	3212	5972	6260	6571	7520	9090	9253	9330	9419	9530	9800	9920	

Esquema de mosaicos

Mosaico	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2501	7004	7023	7010	2590	5760	2039	5750	7031
2	7950	4635	5811	2520	1604	7491	5891	7006	2750
3	2718	7507	7090	2560	7000	9445	2190	9471	7325
4	5780	7185	9341	9360	9002	5202	2205	2388	7150
5	7059	9561	5201	9041	1441	7035	5631	7050	2301
6	2115	1750	2411	2217	2038	1280	2393	9421	8330
7	2250	2890	2900	2880	3181	1410	7361	5594	7234
8	7012	2120	8320	9301	2260	2850	2650	7161	2053
9	3230	2332	7009	2156	2870	1274	7055	3160	1460
10	2152	7034	2710	2221	2800	5982	9302	1721	7003
11	2210	9571	5210	1440	9210	9185	7580	7160	3051
12	3350	7430	7002	5829	2104	9491	7017	2717	5199
13	8120	7032	3180	2200	9006	5830	3261	7492	7547
14	7001	6838	7508	2703	8280	2036	8250	6150	9040
15	9941	8208	2513	7330	2745.1	7380	7014	2691	4617
16	5825	2235	9326	2493	3015	4641	9433	8041	2020
17	2383	9905	4640	3550	8420	2215	7230	2593	6211
18	9909	2208	2101	5623	2377	2981	2214	6212	4008
19	8090	2101	9075	2441	9325	5833	9254	4599	7192
20	2272	9800	8340	9405	8380	7037	4653	2206	3103
21	2683	7451	2749	8116	2484	6530	5532	6570.1	8210
22	4611	7242	9321	2579	6834	4490	6821	8161	7237

23	7096	6210	8191	8190	7182	6315	8300	7550	3019
24	3059	8206	7247	8200	5535	6370	2410	8485	8341
25	4694	7820	9921	7021	9414	4658	3100	8501	7248
26	1935	9250	8163	9163	4687	2309	8158	2752	3030
27	2730	4695	6837	8180	2810	6540	9913	3530	8400
28	8080	7077	3071	2122	3053	4697	2811	4311	5455
29	8466	3500	8490	6260	8370	1908	4698	2220	3400
30	3000	4668	9150	5621	3210	3170	8211	6350	4659
31	2302	7020	2490	7080	7078	2791	9001	2060	7110
32	7080	9090	2540	6010	2299	5130	2630	7490	9110
33	2312	1610	7026	5635	7041	9000	7060	9101	5991
34	2342	2620	9390	7040	9265	1600	9280	2222	7705
35	2397	9291	1500	9330	8205	5731	2339	7233	2715
36	9008	4574	5510	2274	5390	9290	5530	2455	8032
37	5836	7179	9342	7205	9832	1510	6241	1920	7140
38	7030	2456	5300	7520	2092	7053	2151	5520	3300
39	9912	2311	7038	7286	5500	2900.1	7052	9831	2660
40	1810	2102	1270	5120	9090	2055.2	1275	2306	7056
41	5534	9926	2373	2070	7170	9830	7489	2980	9417
42	9320	2057	7500	2900.2	7300	9186	5471	9415	2030
43	7480	7045	9584	7036	2055.1	7390	2457	1731	8312
44	1670	6561	5820	9182	5890	2396	1660	2357	2141
45	9435	2056	7019	5994	7130	9373	2002	3190	2391
46	7470	7493	2799	7057	2694	2040	9180	4614	7255
47	7016	6562	7250	6610	7440	2026	2550	7062	9145
48	9295	2398	2384	1590	7180	7360	2720	9596	7505
49	1595	7710	9594	2512	9340	1999	2751	1340	9260
50	2273	9005	7291	1111	1590	2506	7482	7513	9419
51	9592	5814	7207	7200	2390	9922	8311	9530	4150
52	1659	2191	9610	2305	8231	5849	6240	2340	9070
53	4500	9332	7488	7350	7043	2692	8118	7061	9927
54	7135	2158	2107	2352	5531	6940	2595	6825	2150
55	8033	7546	3280	7512	9140	4625	7359	4624	7354
56	2279	9520	7400	9181	4612	5040	7450	2382	6242
57	9599	4542	2446	5660	7183	3185	7595	6836	2058
58	7260	7495	9043	2308	9560	4619	9427	1811	7011
59	7190	1220	7460	9253	8467	2445	8371	6570.2	2345.1
60	9900	2160	7290	6250.2	9401	9495	7920	6571	1640
61	4250	7018	9403	2488	9409	4525	9925	8540	2525
62	2359	6190	5600	9429	4628	1616	4220	2435	9423
63	9420	5301	7249	7279	7081	9903	4573	9901	1722
64	2075	2032	9930	7033	9184	8503	9322	8117	7058
65	2211	9920	1720	9911	1710	7042	5215	7054	2661
66	9424	2155	7487	2345	9469	5973	7830	1205	8531

67	5628	2597	9160	2372	6200	4520	5961	2045	2521
68	7046	6220	7515	1202	5480	7365	5270	7013	9425
69	2688	7240	5661	4598	8121	1110	2575	3225	4505
70	7570	9472	9400	2400	9300	2300	9902	2347	7211
71	5395	9623	8031	5910	7484	6021	7499	7503	1200
72	1033	8500	7506	7660	1903	9630	7351	9904	8001
73	8040	2025	6200	7188	9910	4007	9570	2389	1947
74	1350	9622	8021	6570	4650	5900	7501	1675	8480
75	3550.1	4645	2635	5700	1945	5972	7092	6360	5260
76	5450	7476	1201	9635.2	6312	7270	3140	8260	8325
77	9468	9600	5460	1930	4643	4613	4597	9171	3064
78	1052	8193	1505	5470	7632	1932	2351	6560	4680
79	8499	7137	3212	6000	3150	4690	3102	8251	7496
80	7497	9183	8170	9908	5626	7620	8470	2018	6520
81	9412	7650	3550.2	7405	2770	3110	1645	5971	1650
82	8034	4631	3068	7560	1300	5629	3213	4693	1390
83	1560	3120	8179	5629	6900	1050	8186	7600	6231
84	3130	8179	8475	4693	8065	6313	8192	6510	8186

ANEXO 2: FIGURAS SUPLEMENTARIAS

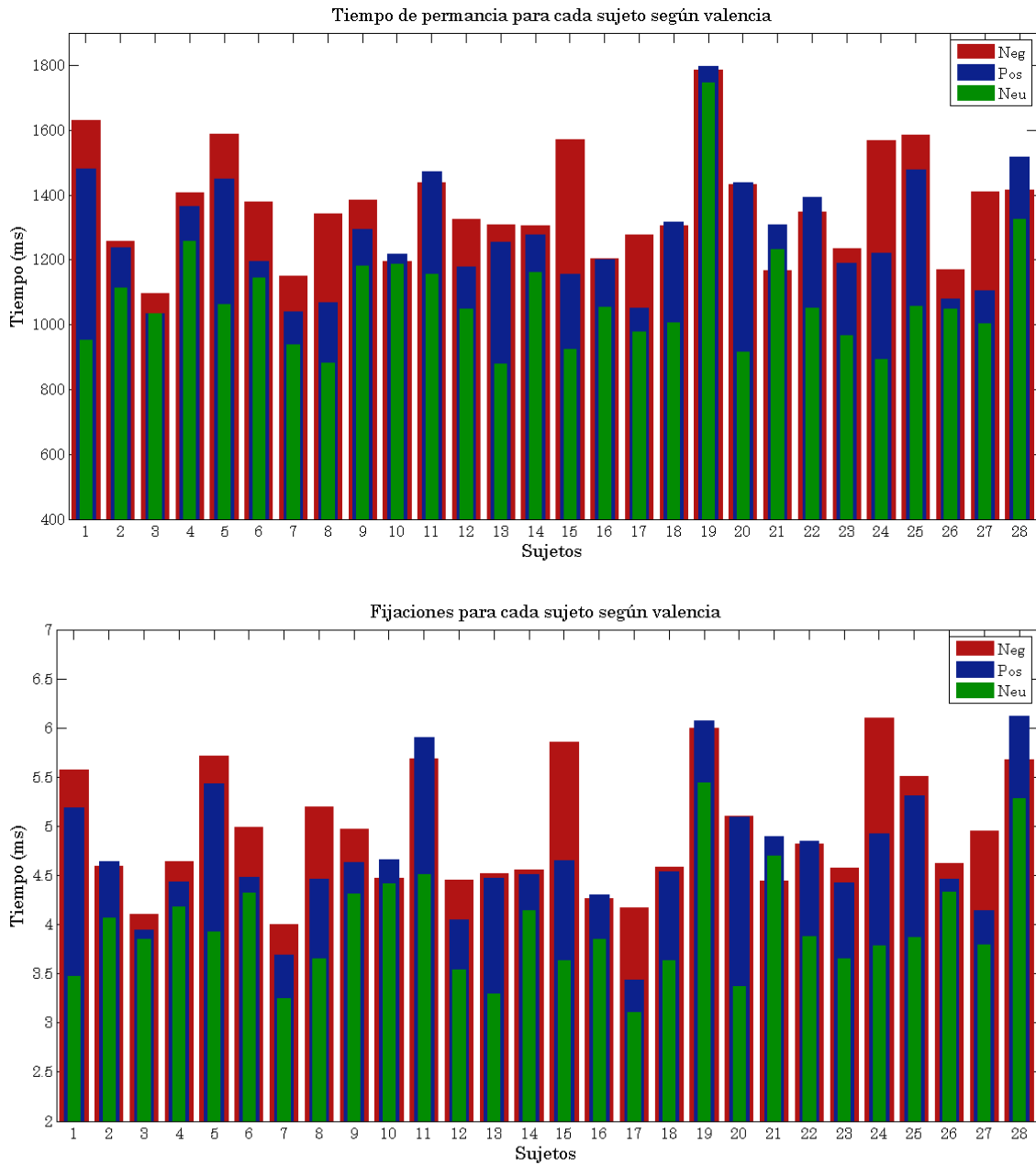


Figura 1: tiempo promedio de permanencia y número de fijaciones para cada sujeto según valencia emocional

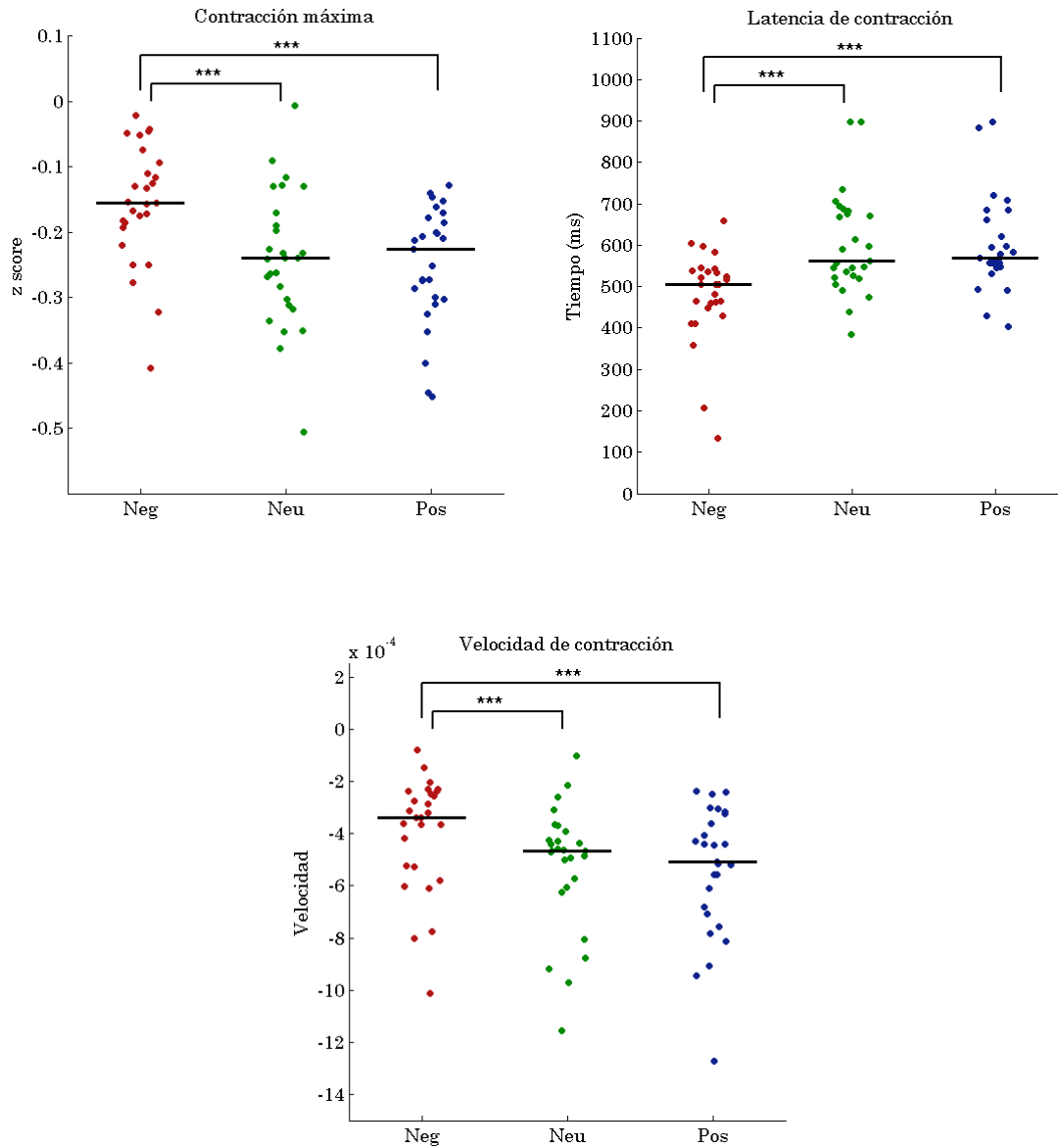


Figura 2: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables pupilares de contracción estudiadas. *** $p < 0.05$

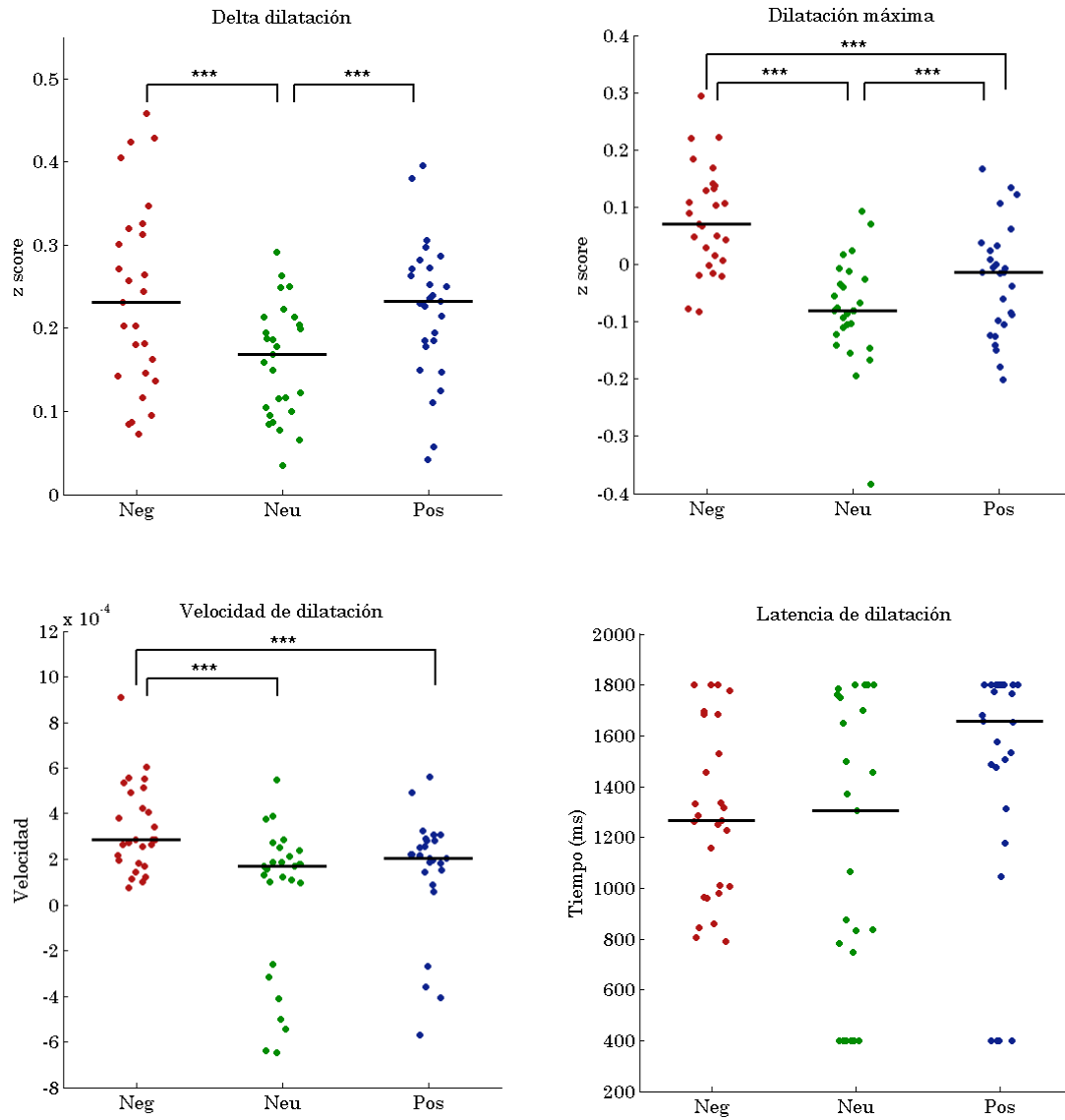


Figura 3: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables pupilares de dilatación estudiadas. *** $p < 0.05$

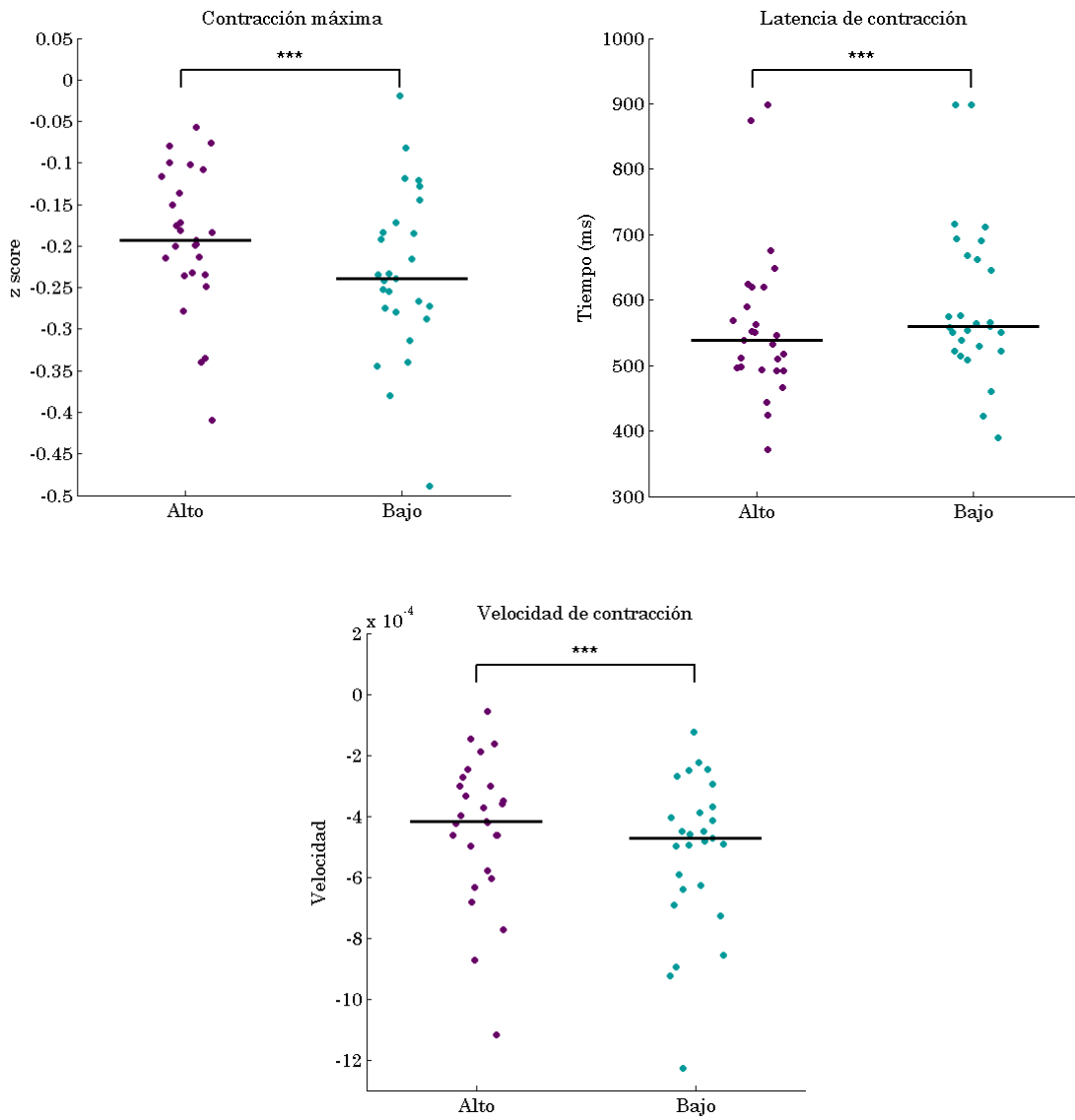


Figura 4: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables pupilares de contracción según arousal estudiadas. *** p < 0.05

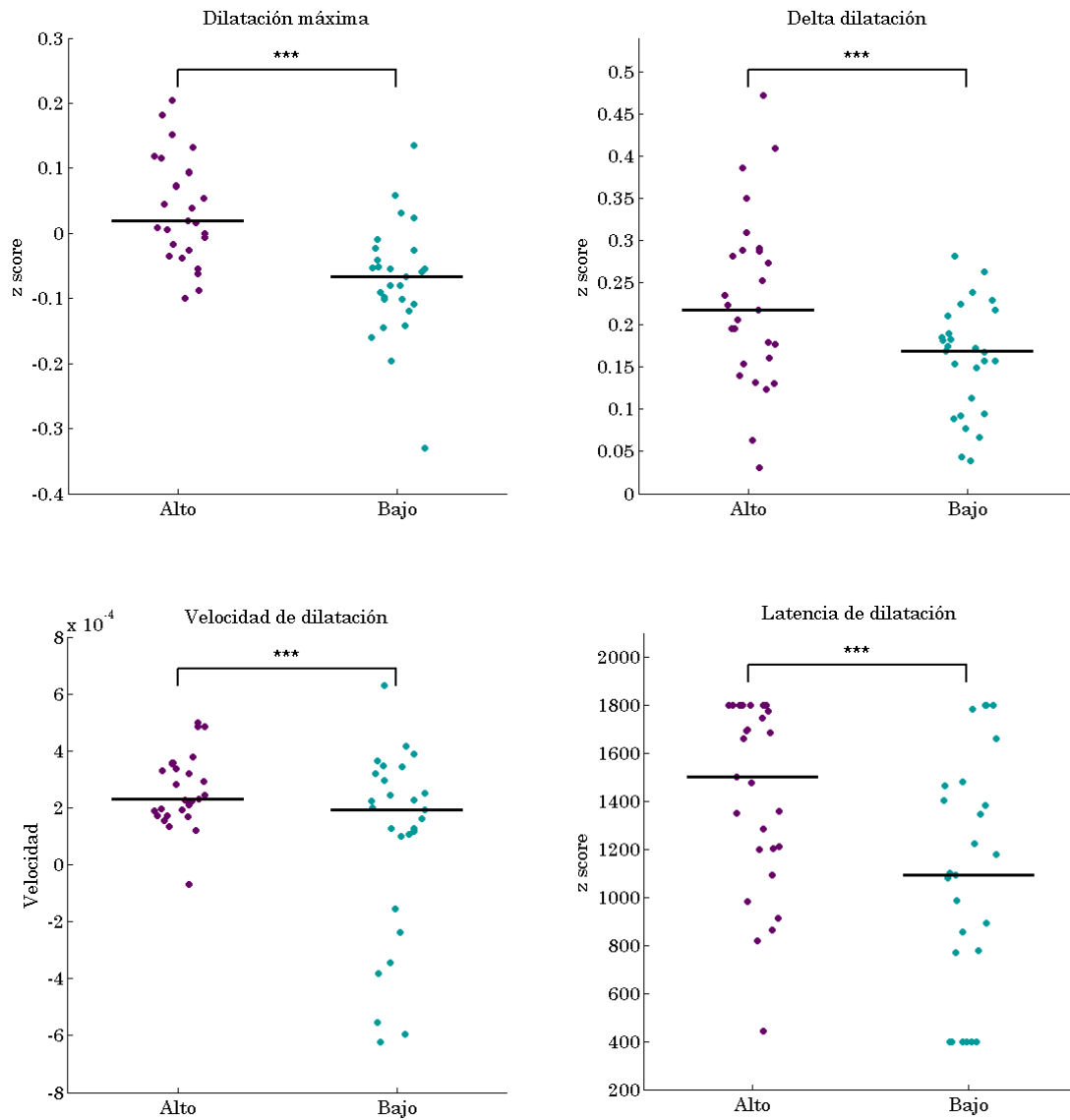


Figura 5: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables pupilares de dilatación según arousal estudiadas. *** p < 0.05

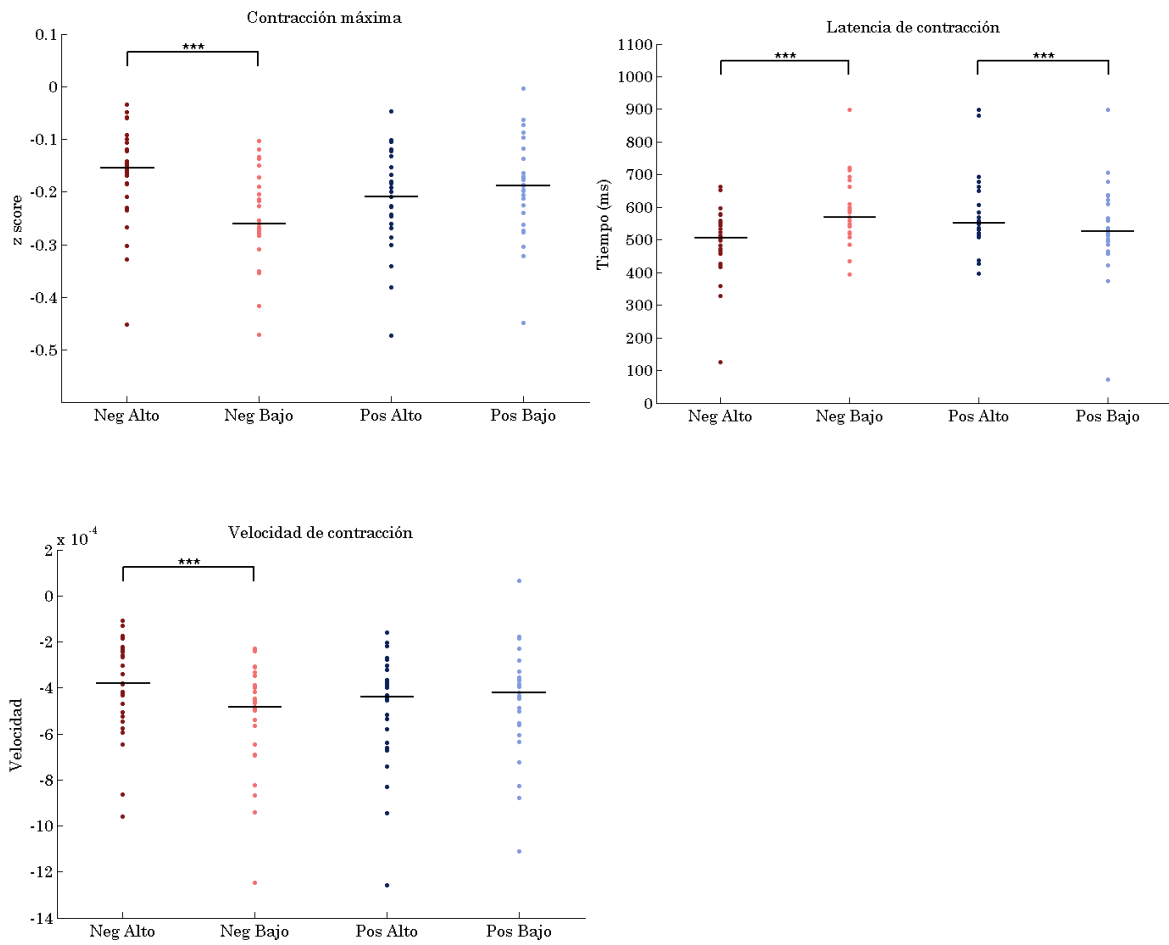


Figura 6: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables de contracción pupilar al separar las categorías emocionales según su nivel de arousal. *** p <0.05

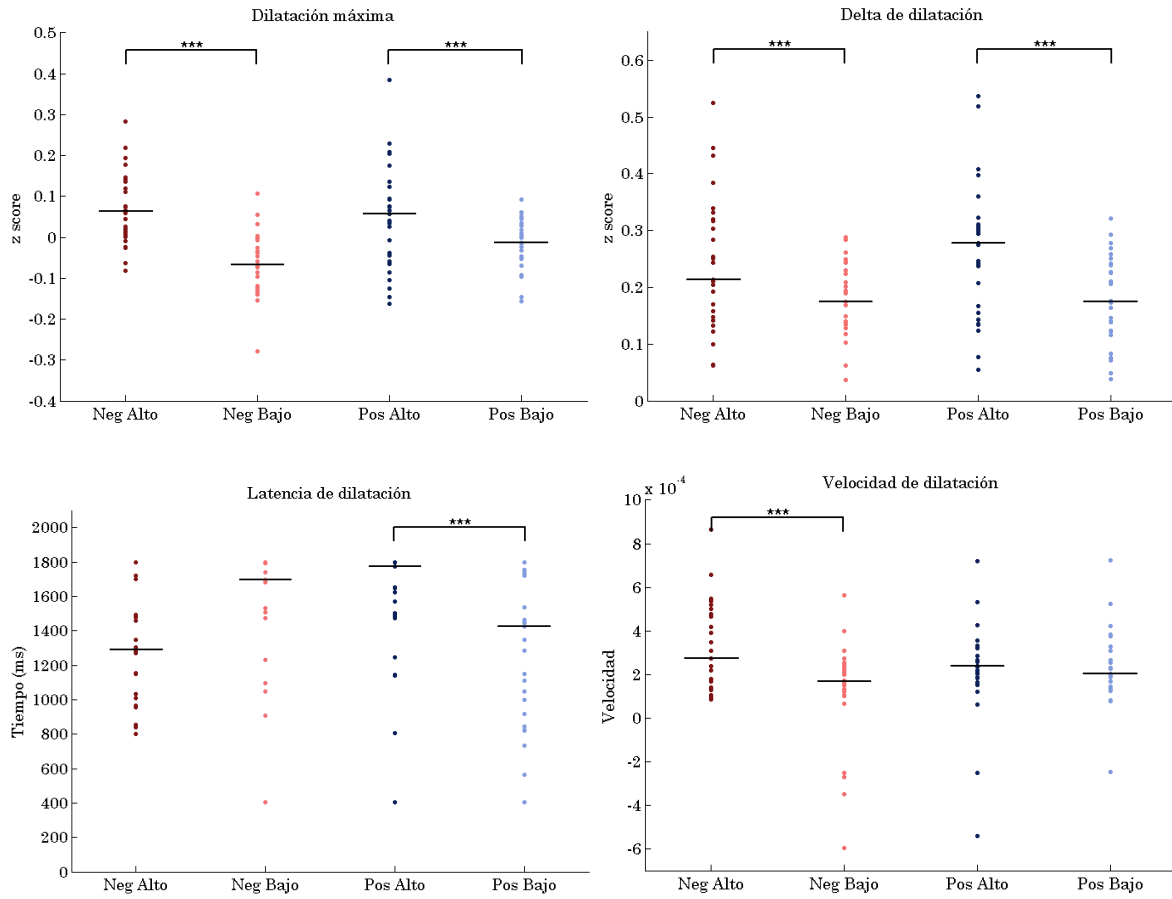


Figura 7: distribución de la muestra y mediana de cada grupo en relación a las variables de dilatación pupilar al separar las categorías emocionales según su nivel de arousal. *** $p < 0.05$