



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**ATENCIÓN VISUAL EN UNA TAREA DE
ESTIMACIÓN RETROSPECTIVA EN
HUMANOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciado en Psicología

P R E S E N T A

ANA LAURA TOSCANO ZAPIEN

**DIRECTOR: DR. DAVID N. VELAZQUEZ MARTINEZ
REVISOR: DR. GERMAN. PALAFOX PALAFOX
SINODALES: DR. JULIO ESPINOSA RODRIGUEZ
DR. VLADIMIR ORDUÑATRUJILLO
DR. HUGO SANCHEZ CASTILLO**

Tesis apoyada por el proyecto DGAPA-PAPIIT: 129337

**Área: Psicología Experimental
Ciudad Universitaria, CdMx. 2016**





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se realizó en el laboratorio de Farmacología Conductual perteneciente a la Facultad de Psicología, UNAM, con el apoyo de la beca del proyecto DGAPA-PAPIIT: 129337. Mecanismos de Atención Selectiva a señales de Alimento.

Quiero agradecerle muy especialmente al Dr. David N. Velázquez, a quien agradezco la oportunidad de haberme permitido trabajar en su laboratorio. Por compartir esa determinación, dedicación y responsabilidad por el trabajo. Siempre le agradeceré que me contagiara su ilusión y su respeto por el trabajo. Gracias, por la confianza, que me brinda, su guía, y apoyo incondicional. Pero sobre todo, por darme la oportunidad, por enseñarme y creer en mí.

Al Mtro. Daniel Velázquez López. Por toda su ayuda y experiencia, por su tiempo dedicado, en el Eye tracking. Muchas gracias a usted y al Dr. Velázquez, por ayudarme y permitirme integrarme a este proyecto y trabajar con ustedes. Muchísimas gracias.

Al Dr. Germán Palafox Palafox. Por sus excelentes clases, y su inspiradora curiosidad científica, que fueron un factor fundamental para fortalecer mi formación, por la revisión de mis datos, por permitirme entrar a sus clases de doctorado y por sus comentarios y pláticas, que me ayudaron a mejorar muchísimo mi tesis, muchísimas gracias.

“La excelencia es uno de los tesoros más satisfactorios que no siempre se alcanza con un diez, sino con el esfuerzo empeñado día con día... Y aquellos que superan sus propias expectativas, batallando diariamente por concretar sus ideas, merecen igual reconocimiento por su esfuerzo, y por ello debemos sorprendernos de su ser de triunfo; así pues, aplaudamos a la otra excelencia, la que enfrenta la vida con valor y con acciones, pero sobre todo con respeto a sus propios ideales”. Hdez. N.

Gracias a la UNAM por brindarme una educación capaz de alcanzar cualquier meta.

Índice

1.1. Estimación Temporal	5
1.2.Tipos de estimación Temporal.....	6
1.3.Procedimiento de bisección temporal.....	7
1.4.Propiedad Escalar	8
1.5.Fracción de Weber y Punto de bisección.....	9
1.6.Teoría de Expectancia Escalar (SET).....	10
2.1. Aspectos básicos del sistema visual	13
2.2.Movimientos oculares.....	14
2.3.Mecanismos del movimiento ocular.....	16
2.4.Atención visual.....	18
2.5.Eye tracking técnica.....	20
3.1. Método	
3.2.Justificación y planteamiento del problema.....	22
3.3.Objetivo e Hipótesis.....	23
3.4.Procedimiento.....	24
4.1. Resultados	33
5.1. Discusión	53
6.1. Conclusión	56
7.1. Referencias	57
Anexos	
Anexo 1. Ajuste de curvas psicofísicas	61
Anexo 2. Modelos de estimación temporal	64
Anexo 3. Sistema Visual	67

Resumen

La percepción del tiempo es un proceso fundamental de la organización que subyace al comportamiento. En una tarea de bisección, se entrena a los sujetos para emitir respuestas diferenciales ante duraciones extremas y posteriormente, frente a estímulos de duraciones intermedias. Los modelos cognitivos suponen que el punto de bisección (o punto de igualdad subjetiva) se relaciona con la velocidad de un marcapasos hipotético, mientras que la atención puede afectar la exactitud de la discriminación representada por la fracción de Weber (WF). Como un factor independiente de la atención, las variables de dirección, y posición ocular, para evaluar la estrategia atencional, se estudiaron a fin de conocer el mecanismo que subyace a la atención durante la estimación de tiempo. Los sujetos fueron instruidos para que fijaran la mirada ante la presentación de estímulos visuales y categorizaran su duración; sus movimientos oculares se registraron con un seguidor de ojos (Tobii-Eye tracking) y se registró la latencia de respuesta terminando la presentación del estímulo. Este estudio plantea la posibilidad de que el tiempo de visita a los estímulos visuales, esté implicado en una respuesta de estrategia atencional para abstraer información en cuanto a la estimación del tiempo. Los resultados mostraron que los sujetos utilizan diferentes estrategias visuales y sus movimientos oculares se dirigen a diferentes áreas, para estimar el tiempo y así poder realizar una tarea de bisección temporal.

Palabras clave: bisección temporal, Eye tracking, atención visual, movimiento ocular.

Estimación Temporal

La psicofísica es la parte más antigua de la psicología donde se introdujo el método científico; actualmente forma parte de la psicología experimental que investiga los procesos de discriminación de duraciones y tiempos de reacción, por mencionar algunos procedimientos. En la historia de la psicología experimental ningún tema ha fomentado más investigaciones ni provocado más discusiones, que el estudio de la percepción del tiempo y los mecanismos por los cuales los sujetos dan cuenta y ajustan sus respuestas al transcurrir el tiempo. Diversos experimentos se han ocupado de medir el tiempo de latencia, es decir el registro exacto del tiempo transcurrido entre la aplicación de un estímulo y la respuesta motora del sujeto. La contribución del análisis experimental del comportamiento en los estudios clásicos de psicofísica animal, ha permitido el acercamiento al estudio del tiempo. Una de las maneras más directas de someter a estudio cuantitativo los procesos de percepción, discriminación y elección, es medir el tiempo que un individuo necesita para percibir y comunicar las semejanzas o diferencias entre varios estímulos. Este problema ha llevado a la psicofísica a buscar estrategias metodológicas variadas para poder solucionar todos los aspectos involucrados en el proceso perceptivo. Los modelos actuales que tratan de explicar la percepción del tiempo psicológico se derivan principalmente de análisis psicofísicos fundamentados en investigaciones acerca de la discriminación de duraciones (umbrales diferenciales) y escalas de duración (obtenidas con ayuda de técnicas de bisección). La estimación de los intervalos de tiempo constituye la base para el aprendizaje y la predicción de sucesos de fundamental importancia para la supervivencia, además de permitir la organización de la conducta a lo largo de diferentes rasgos temporales (Gibbon, Church y Meck, 1984). El tiempo es una variable fundamental en la conducta y por lo tanto, los organismos han desarrollado diferentes estrategias para cuantificar el paso del tiempo en una escala muy grande de duraciones que cubren desde los microsegundos hasta los ritmos circadianos (Karmarkar y Buonomano, 2007). El adecuado seguimiento de eventos temporales en el rango de segundos a minutos es de suma importancia adaptativa y supone una modalidad adicional de estimación temporal que también puede ser denominada estimación de intervalos.

Tipos de estimación temporal

Existe una gran variedad de procedimientos empleados para estudiar el proceso de estimación temporal. (Killen y Fettman, 1988) hicieron una clasificación de las tareas de estimación temporal, identificando tres grupos:

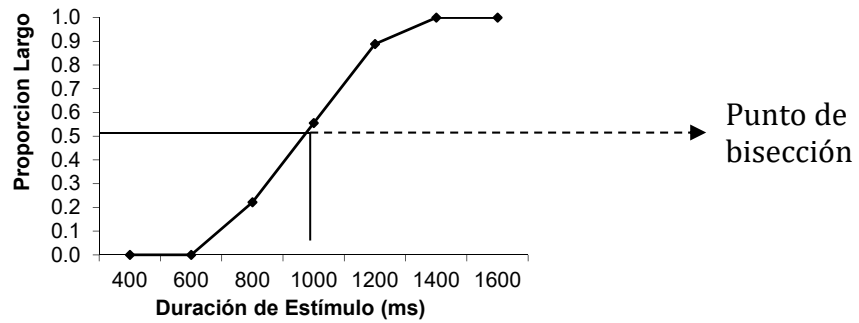
- Estimación temporal inmediata: El animal responde a la duración de un intervalo mientras este está transcurriendo.
- Estimación temporal retrospectiva: El animal estima la duración de un estímulo presentado previo a una respuesta.
- Estimación temporal prospectivo: El animal es entrenado para emitir una respuesta en función de intervalos futuros, la respuesta ocurre en función de su consecuencia en términos de demora y magnitud.

Un paradigma retrospectivo es definido por el hecho de que los participantes no son conscientes del avance que tendrá la longitud del intervalo estimado en la tarea. Son expuestos a un estímulo específico o a acontecimientos y entonces se les pide que estimen la duración del intervalo de tiempo que contienen esos estímulos o acontecimientos (Block, 1990). En el procedimiento de bisección el organismo es entrenado para emitir respuestas diferenciales entre dos duraciones, una corta y una larga, así el sujeto tiene que categorizar la duración de dicho estímulo. Un criterio que deben cumplir los individuos es el 80% de respuestas correctas en ambas condiciones; una vez que se ha cumplido con el criterio de entrenamiento se inicia la fase de prueba para la presentación de duraciones intermedias intercaladas con duraciones de entrenamiento.

El procedimiento de bisección temporal

El procedimiento de bisección temporal fue desarrollado por (Church y Deluty, 1977) con base en un estudio de (Stubbs, 1968) y durante años fue empleado sólo en experimentos en conducta animal.(Allan y Gibbon, 1991) adaptaron este procedimiento para ser empleado en humanos, cómo parte de una tarea de estimación retrospectiva.

La tarea de bisección es un método psicofísico utilizado frecuentemente en el estudio de la estimación temporal y, básicamente, consiste en presentar a los participantes un rango de duraciones que deberán ser clasificadas como “corto” o “largo”. La adquisición de la tarea de bisección se compone de dos fases, una de entrenamiento y una de prueba. En la etapa de entrenamiento únicamente se presentan al sujeto, de manera alternada, dos duraciones estándares (una corta y una larga). En la etapa de prueba se presentan de manera aleatoria tanto las duraciones estándares como estímulos de duraciones intermedias entre ellas (estímulos prueba). La tarea del sujeto consiste en clasificar cada una de estas duraciones como “corto” o “largo”, según considere si la duración presentada se asemeja más a la duración estándar corta o a la larga. La respuesta del sujeto se emite inmediatamente después de la presentación del estímulo.La presentación de las duraciones de la tarea de bisección puede ser tanto en estímulos visuales o auditivos. Los valores del rango de las duraciones a presentar pueden ir desde cientos de milisegundos (ms) hasta segundos (s). El número de los estímulos prueba generalmente es de cinco, por lo que el total de duraciones presentadas es de siete.La separación de los estímulos prueba puede ser con base en una distribución aritmética o bien, una distribución logarítmica. Con la distribución de las respuestas en la clasificación “corto-largo” de los estímulos presentados en la etapa de prueba, se puede obtener una función psicofísica.



A partir de la función psicofísica de la tarea de bisección temporal se obtienen valores importantes:

- Punto de bisección (o de igualdad subjetiva).
- Limen. Es la distancia entre que los sujetos consideran el estímulo de un 25 a un 75 % de la intensidad (en este caso, duración).
- Fracción de Weber. Es la razón entre el punto de igualdad subjetiva y el limen.

Propiedad escalar

Es un aspecto importante de la estimación de intervalos, utilizado para investigar la cuantificación de intervalos temporales en el rango de segundos a minutos, en humanos y en animales. Sus antecedentes datan de 1950. (Church, 2003). Fue descrita por Dews. Es un tipo de ley de Weber asociado a la regulación temporal que, sugiere que los mecanismos de estimación temporal, mantienen una sensibilidad constante al tiempo, independientemente de la magnitud del intervalo a estimar (Jones y Wearden, 2003). Los datos obtenidos reflejan una propiedad intrínseca al procesamiento temporal: las respuestas de un organismo en una tarea de estimación temporal siguen una distribución normal alrededor del intervalo a medir, se llama propiedad escalar al hecho de que la dispersión de la distribución es proporcional a la duración del intervalo estándar. (Buhsy y Meck, 2005; Gibbon, Malapani y Gallistel, 1997).

Fracción de Weber y Puntos de bisección

La fracción de Weber

En este contexto indica la sensibilidad relativa al tiempo, y se obtiene dividiendo el umbral diferencial (o limen) entre el punto de bisección. Valores pequeños de esta fracción se relacionan con funciones psicofísicas con una pendiente muy pronunciada, lo que indica una gran sensibilidad al tiempo, mientras que valores grandes de la misma se refieren a funciones con poca inclinación, indicando poca sensibilidad temporal. La fracción de Weber permite comprobar si la sensibilidad temporal relativa es constante sin importar las duraciones absolutas, siempre y cuando el valor de esta fracción no cambie al variar el rango de duraciones presentadas. (Ferrara, Lejeune y Wearden, 1997) encontraron que dentro de la tarea de bisección el valor de esta fracción disminuye conforme disminuye la razón entre estímulos largo y corto. La fracción de Weber, es por tanto, una medida de la precisión relativa del proceso de estimación temporal llevado a cabo por el sujeto, que es aproximadamente constante a lo largo de un amplio rango de intervalos (Gibbon, 1977). Una diferencia que se suele encontrar entre la estimación temporal en humanos y la animal son los valores de la fracción de Weber, ya que los valores para humanos suelen ser significativamente menores que los de otros animales (Fetterman y Killeen, 1992).

Punto de bisección o de igualdad subjetiva T50.

Constituye una medida de tendencia central, corresponde a la duración que puede ser igualmente clasificada por el sujeto como larga o corta, debido a que no se discrimina fácilmente; como resultado, el sujeto emite el 50% de sus respuestas a cada operando (Ho, 2002). De esta forma el organismo cuenta con una escala subjetiva que puede ajustarse a cualquier intervalo a evaluar manteniendo un error proporcional al tiempo subjetivo (Gibbon, 1997). Esta característica es conocida como propiedad escalar (Church y Gibbon, 1982) y ha sido el principal foco de atención de los estudios relacionados con la estimación de intervalos. La localización de T50 tiene implicaciones importantes con respecto a la percepción de las duraciones de los estímulos en cuanto a la naturaleza de la relación entre el tiempo real y la escala subjetiva que parece ser logarítmica en algunas situaciones y lineal en otras (Cordes, King y Gallistel, 2007).

Modelo de la teoría de Expectancia Escalar

Es un modelomatemático que describe las propiedades de los procesos cognoscitivos que operan en un organismo cuando este es expuesto a una tarea en la que media una variable temporal (Gibbon, 1991). El modelo propuesto en la teoría de expectancia escalar (SET, por sus siglas en inglés) (Gibbon, Church y Meck, 1984), surge en el contexto del aprendizaje animal, basándose en la idea de que los procesos de condicionamiento dependen del aprendizaje de los intervalos entre eventos, por ejemplo, entre la respuesta operante y el refuerzo (Gallistel y Gibbon, 2000).

Se han propuesto diversos modelos, para explicar el mecanismo de estimación de tiempo, (ver anexo 2), pero la Teoría de Expectancia Escalar es un modelo de importancia, y validez interna y externa además de generalidad entre especies (Church, 2003) y es el modelo que más trabajo en el área de neurociencias ha generado. Originalmente propuesto por (Gibbon, 1977), llamó fuertemente la atención al ser capaz de predecir la propiedad escalar, la localización del punto de bisección.

El modelo contempla cinco componentes que se distribuyen en los tres procesos siguientes; cronometraje (marcapasos e interruptor), almacenamiento (memoria de trabajo, acumulador y memoria de referencia) y decisión (comparador). El proceso de cronometraje comienza en el marcapasos, que produce pulsos a una tasa determinada en un rango que puede oscilar de segundos a minutos, con un intervalo entre pulsos aleatorios. El intervalo entre pulsos emitidos se distribuye exponencialmente, con una tasa media de pulsos equivalente. El interruptor es activado por la señal de comienzo del intervalo (tonos o estímulos visuales) y envía pulsos al acumulador de la memoria de trabajo mientras dura el intervalo. El flujo o la cantidad de pulsos registrados en el acumulador, dependen en parte, de la latencia con la que el interruptor se cierra y la latencia con la que se abre ante la presencia y retiro de la señal que marca el intervalo.

El acumulador va registrando el número de pulsos; cuando acaba el intervalo, ese valor de tiempo pasa de la memoria de trabajo para ser almacenado más permanentemente en la memoria de referencia. El sistema de memoria consta de memoria a corto y largo plazo o de referencia. La primera para registrar el número de pulsos asentados en el acumulador (en la memoria de trabajo). La segunda tiene un doble papel, en ella se almacenan los

valores temporales importantes de un intervalo pasado para posteriormente recuperarlos y es la responsable (junto con el sistema de comparación) de generar la propiedad escalar en la regulación temporal de la conducta (Wearden, 2003). En el proceso de decisión se establece una comparación entre el valor de tiempo del ensayo actual almacenado en la memoria de trabajo y el valor de tiempo almacenado en la memoria de referencia.

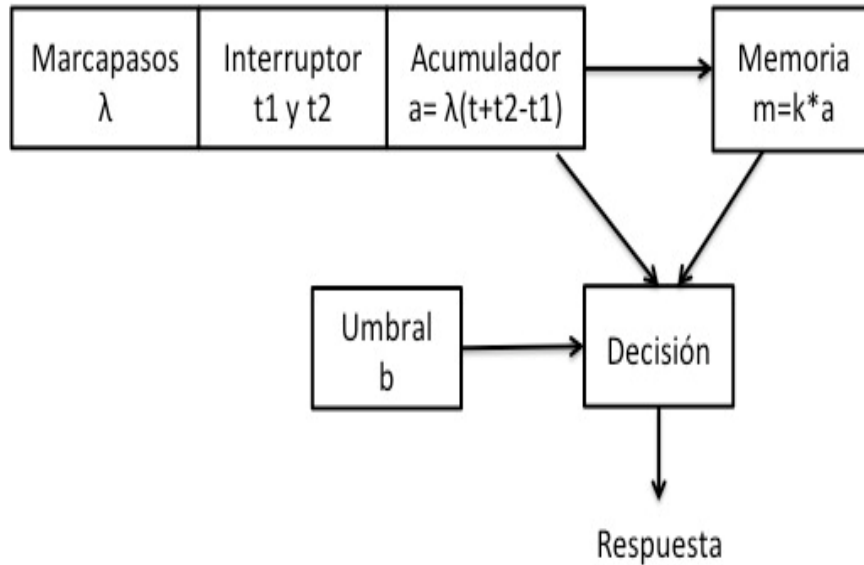


Figura 1. Representación del modelo propuesto en la teoría de expectancia escalar (SET) y los componentes que plantea el modelo.

Algunas investigaciones se han centrado en la idea de que la atención “deforma el tiempo”. La idea fundamental es que el grado de atención que prestemos al fluir del tiempo altera nuestra percepción de la duración. Se incluyen fenómenos como la ilusión de duración, donde la aparición de un estímulo breve en una posición espacial o en una modalidad atendida se percibe como más duradera en comparación con la posición o modalidad no atendida (Enns, Brehaut y Shore, 1999; Mattes y Ulrich, 1998).

Por otro lado, otros trabajos muestran que la ocurrencia de estímulos inesperados o muy improbables produce que estos sean percibidos como más duraderos en comparación con estímulos cuya ocurrencia es mucho más frecuente (Tse, Rivest, Intriligator y Cavanagh, 2004). Sin embargo, otras manipulaciones están enfocadas en el grado de atención que se presta a la duración de un intervalo, incluyendo tareas concurrentes que demandan más o menos recursos atencionales (Coull, 2004; Zackay y Block, 1996). El resultado más típico consiste en una subestimación del intervalo temporal como consecuencia de la retirada o sobrecarga de la atención (Brown, 1985; 1997). De esta forma, las relaciones entre atención y tiempo no son unidireccionales de modo que la atención no sólo influye sobre la percepción del tiempo, sino que el propio cronometraje de la estructura temporal o rítmica de los acontecimientos del ambiente puede determinar asimismo la dinámica o curso temporal del proceso atencional.

Aspectos básicos del sistema visual

La mayoría de los vertebrados, de los peces a los mamíferos, tienen una estructura básica de los ojos (Berman, 1991; Dawkins, 1996). Tienen una capa fotosensible llamada retina, la cual no es un órgano periférico sino central, se desarrolla directamente a partir del ectodermo. La retina es un pequeño sistema de procesamiento de información de gran eficacia que permite que la señal de entrada llegue modulada y codificada a las siguientes etapas del sistema nervioso. Así como un cristalino cuyas propiedades ópticas son tales que enfoca una imagen sobre la retina. El globo ocular se encuentra dentro de una cuenca protectora del cráneo, es una estructura globular, cuyo diámetro es de apenas 20 a 25 mm. La cubierta externa del globo ocular es una capa blanca opaca llamada esclerótica (el blanco del ojo), la esclerótica que cubre el frente del ojo se convierte en una membrana translúcida llamada córnea. Los rayos luminosos que entran a la córnea sufren de refracción, es decir, los dobla su superficie. Un segundo estrato del globo ocular la coroides, está sujeto a la esclerótica; está constituida en su mayor parte de vasos sanguíneos, y es la principal fuente de nutrición del ojo. Así mismo la coroides está fuertemente pigmentada, lo cual permite absorber la mayor parte de la luz que penetra al ojo. En la parte delantera del ojo, la coroides se modifica para formar el iris, Detrás de la córnea, sobre el cristalino, el iris pigmentado en forma de disco controla la cantidad de luz que se penetra al ojo.

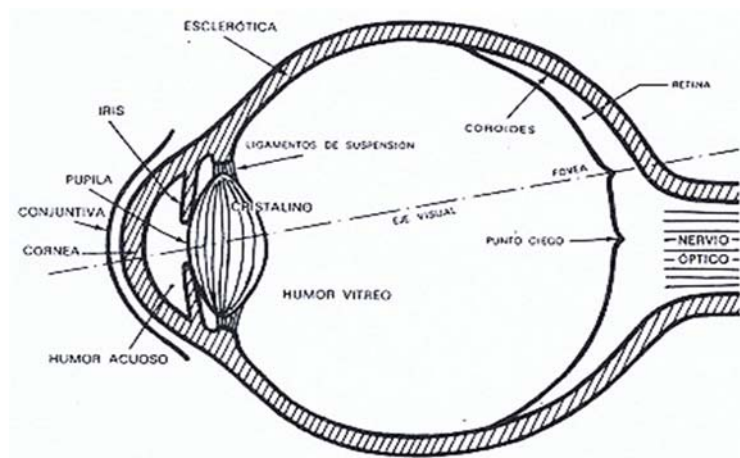


Figura 2. Sección esquemática del ojo.

Movimientos oculares

Se define como campo visual a la porción del mundo exterior apreciada con ambos ojos en posición fija es decir, sin movimientos de la cabeza ni de los globos oculares. La parte central del campo visual es binocular, mientras que la periferia es monocular. Debido al entrecruzamiento parcial de fibras en el quiasma óptico, cada mitad del cerebro recibe la información del hemisferio visual contralateral. La localización, búsqueda y seguimiento de objetos en el campo visual se hace por un repertorio de movimientos oculares bien definidos. Existen cinco tipos de movimientos oculares, cuya finalidad es lograr la proyección del objetivo o blanco visual sobre la fovea (foveación).

Movimiento sacádicos: Permite cambiar el punto de fijación, es decir, el objeto que se está mirando. En la mayoría de los casos son voluntarios y de alta velocidad, hasta 700° de ángulo visual por segundo, alta frecuencia 2 o 3 ocurrencias por segundo y alta precisión. Pueden ser de gran amplitud, pero amplitudes superiores a los 20° suelen ir acompañadas de un movimiento de la cabeza. El tiempo de reacción de un movimiento sacádico autogenerado es de unos 200 ms.

Seguimiento (pursuit): Permiten mantener el punto de fijación estable sobre un objeto en movimiento. Su velocidad se sincroniza a la velocidad del objeto, hasta un máximo de 30° por segundo, (para velocidades superiores se alteran con sacádicos). Son principalmente involuntarios.

Movimiento compensatorio (reflejo vestibulo-ocular): Permiten mantener el punto de fijación estable durante la realización de movimientos de la cabeza o el tronco. Son movimientos reflejos que se generan a partir de la estimulación del sistema vestibular. Su tiempo de reacción es de unos 15ms.

Microsacádicos: Evitan la decoloración total de los pigmentos visuales al modificar ligeramente el lugar de la retina estimulada. Son movimientos involuntarios, de amplitud menor a 1° de grado de ángulo visual. Combinan minúsculos desplazamientos del globo ocular, con cierto grado de temblor o vibración (tremor).

Nistagmo optocinético: Permiten la exploración de un campo visual en movimiento. Son oscilaciones rítmicas de los ojos. Se caracterizan por una fase lenta, similar al seguimiento, y una rápida, similar a un movimiento sacádico.

Movimientos de vergencia: Permiten ajustar la orientación de los dos ojos en función de la distancia a la que se encuentre el objeto. Son movimientos binoculares, de signo opuesto en cada ojo. Puede ser de convergencia (dirección nasal) o de divergencia (dirección temporal), en función de si el objeto está, más cerca o más lejos.

Músculos extraoculares

Los ojos poseen una amplia gama de movimientos, aunque también pueden mantenerse “fijos” en algún punto del campo visual. En condiciones normales, los movimientos de ambos ojos son conjugados y poseen un alto grado de coordinación. La organización del movimiento está dada por la participación de seis músculos: cuatro rectos y dos oblicuos; la contracción y la relajación de estos músculos está coordinada de tal forma que ambos ojos convergen, divergen o siguen un objeto determinado. Los movimientos conjugados tienen un sistema de control voluntario situado en el área premotora cortical frontal y otro involuntario que se ubica en campos visuales de la corteza occipitales (área 19). Ambas áreas generan señales que arriban a las neuronas de los pares craneales III, IV, VI, encargados de inervar los músculos extraoculares. (Barker ,2001).

Los núcleos vestibulares pueden afectar los movimientos oculares, con excepción de los sacádicos, cuyo control principal proviene del centro de fijación de la mirada de la formación reticularpontina. Los colículos superiores, traducen la información visual en comandos oculomotores. Para ello reciben proyección de la corteza visual primaria y de las células Y ganglionares, (que participan en el proceso de la información sobre movimientos y formas). Los colículos superiores integran la información óptica, sensorial y auditiva, tienen una representación ordenada del campo visual (retinotópica).

Las regiones premotoras (núcleos vestibular, colículos superiores, y formación reticular) están bajo el control de dos áreas corticales:

- Campo visual frontal (área 8). Que contribuye a la iniciación de los movimientos oculares de fijación.
- Campo visual occipital (V1,V2). Importante para los movimientos de seguimiento.

Mecanismos del movimiento ocular

El ojo está diseñado para enfocar la imagen visual sobre la retina con la mínima distorsión óptica. La luz es enfocada por la córnea y el cristalino, después atraviesa el humor vítreo que llena la cavidad del ojo antes de ser absorbida por las células fotorreceptoras. Existen dos tipos de fotorreceptores en la retina: Los conos y los bastones y presentan características funcionales diferentes. Los conos abundan en la fovea y son escasos en la periferia, son de menor diámetro que los bastones de ahí que proporcionen en esa zona central de la retina una buena visión de detalles espaciales. En la fovea es donde su concentración es mayor y su diámetro más fino, por ello es la región retiniana de mayor agudeza visual. Los conos responden en condiciones de visión diurna y son sensibles al color. Los bastones presentan una mayor sensibilidad a la luz y responden en condiciones de visión nocturna. En el centro de la retina hay una zona de 0.5 a 0.6 mm de diámetro, que está libre de bastones, Estos están distribuidos por la extrafovea, encontrándose la máxima concentración a 20 grados de la fovea. Los bastones son ciegos al color, y debido a su mayor diámetro proporcionan una agudeza visual baja.

La distribución de fotorreceptores en la retina da lugar a las distintas características que presenta la visión central (o foveal) respecto a la visión periférica (o extrafoveal). La visión central se caracteriza por una buena agudeza visual (pequeños detalles) baja sensibilidad a la luz y visión a color. La visión periférica, por el contrario presenta una mayor sensibilidad a la luz, una baja agudeza visual y una ausencia de visión de colores: siendo en cambio muy sensible al parpadeo y al movimiento.

Los movimientos del ojo son importantes porque sólo se dispone de una alta agudeza visual en la fovea, la pequeña región circular en la retina central que tiene mayor cantidad de receptores sensitivos. Los movimientos del ojo dirigen la fovea hacia puntos de interés en el campo visual (un proceso denominado foveación). Los movimientos sacádicos son movimientos súbitos y rápidos que ocurren cuando la mirada cambia de un punto de fijación a otro. Duran 45 ms aproximadamente y tienen como finalidad colocar nuevos puntos de interés de la escena visual en la fovea. El control motor de las sacadas implica determinar el punto de interés en el campo visual al que el ojo va a dirigirse y transformar esas coordenadas visuales en un valor de amplitud y dirección para el movimiento del ojo.

La finalización de una sacada da lugar a una fijación, momento en que los ojos están relativamente estacionarios, captando la información. Las fijaciones duran en promedio 218 ms, en un rango de 66 a 416 ms. (Aivar et al., 2011).

Nuestros ojos nunca se mantienen estáticos, de manera cotidiana y en especial cuando miramos una escena, movemos los ojos de manera abrupta; tras fijar la mirada en algún punto de la escena por fracción de segundos movemos los ojos rápidamente hacia otro punto de interés. Este tipo de movimientos se conocen como movimientos sacádicos que permiten que nuestra visión ocurra. Las sacadas son movimientos rápidos y abruptos cuya utilidad es cambiar el punto de fijación de los ojos. Investigaciones sugieren que estos mismos movimientos afectan no sólo nuestra percepción espacial, sino también la forma en que percibimos el tiempo (Yarrow, 2001).

Las sacadas son esencialmente movimientos balísticos que alcanzan velocidades de hasta 700° de ángulo visual por segundo. Dependiendo de la tarea que realicemos, la planificación de una sacada puede llevar hasta 150-200 ms (especialmente en tareas complejas). Ante dos sacadas el ojo se mantiene quieto y estable sobre un punto dado. Estos intervalos son conocidos como fijaciones. La duración de una fijación en tareas cotidianas (búsqueda visual) varía entre los 200 y 600 ms (Yarbus, 1961). Se cree que el motivo por el cual movemos los ojos de esta manera es para permitir reposicionar la fovea en la mayor cantidad de puntos posibles.

Los estudios de registro de actividad de células aisladas en el cerebro de monos rhesus despiertos, ofrecieron las primeras claves acerca de qué áreas cerebrales podían estar implicadas en la orientación abierta y encubierta de la atención visual. Uno de los hallazgos más importantes es el de (Leon y Shadlen, 2003) quienes, trabajando con Rhesus, encontraron correlatos entre una actividad de discriminación temporal y las respuestas de neuronas del córtex parietal posterior, específicamente del área lateral intraparietal (LIP). Basándose en ello, (Morrone, 2005) sugirió que puede existir relación entre las sacadas y la codificación temporal de estas neuronas. La relación entre los movimientos oculares (especialmente, los movimientos sacádicos) y la percepción del tiempo podría demostrar que las formas en que percibimos el tiempo y el espacio están relacionadas.

Atención visual

La atención visual es un proceso cognitivo que facilita la detección de estímulos en una escena visual compleja, como la que habitualmente nos presenta el medio externo (Ling y Carrasco, 2006). Manteniendo la mirada fija en un punto del campo visual somos capaces de atender a objetos situados en zonas periféricas al mismo, lo que se conoce como atención visual encubierta. Ésta implica la activación de conexiones frontales y parietales a la corteza visual, que aumentan su actividad y su capacidad perceptiva.

Durante el procesamiento de información los receptores visuales no siempre se dirigen hacia el estímulo atendido. Es decir, procesar una información no siempre exige disponer los receptores sensoriales orientados hacia la fuente de interés, pues la atención puede dirigirse encubiertamente hacia el estímulo relevante. Por tanto, el desplazamiento de la atención visual y el movimiento ocular son dissociables. Nuestra atención se orienta hacia una estimulación concreta y no hacia otras, guiada fundamentalmente por lo que deseamos obtener en la situación en la que nos encontramos, mientras que en otros momentos la orientación atencional está determinada principalmente por las características de los estímulos de la situación. En la realidad, lo más frecuente es que ambos tipos de factores actúen conjuntamente (Yantis, 1998).

La capacidad de atender a algo, sin necesidad de enfocararlo en la fovea, se denomina orientación encubierta de la atención y se diferencia de la orientación manifiesta que es aquella en la que el foco atencional se superpone al campo visual de la fovea. El sistema atencional posterior o red de orientación se encarga de estas dos funciones: la orientación encubierta y la orientación manifiesta. La orientación se puede definir como “el alineamiento de la atención con la fuente de información sensorial” (Posner, 1980). Es un proceso más limitado en el que se alinean los sistemas sensoriales o centrales con el canal de entrada por el que se va a producir la señal. No obstante, ha sido mucha la investigación realizada para demostrar que la atención puede situarse en un lugar u otro del espacio independientemente de la posición de los ojos y en particular, que la atención no es dependiente de la fovea. Uno de los métodos propuestos para el estudio de esta afirmación es el paradigma de costes y beneficios (Posner, 1980); este paradigma se planteó con el propósito de separar el movimiento de los ojos del de la atención.

La atención no es un sistema unitario para el control del procesamiento, sino que consiste en un sistema complejo formado por distintas redes neuronales. (Posner y Petersen, 1990; Posner y Raichle, 1994) han propuesto la existencia de al menos tres redes atencionales: la red de alerta, la de orientación, y la ejecutiva. La red de alerta tiene que ver con los aspectos intensivos de la atención, mientras que las redes de orientación y ejecutiva están más relacionadas con el control atencional y la selección de información.

La red de orientación está implicada en la dirección de la atención a determinadas localizaciones en busca de información relevante, así como el ajuste de su escala (foco). Los cambios atencionales dirigidos a distintas regiones del espacio extra personal del individuo van frecuentemente acompañados de movimientos oculares, lo cual es lógico, ya que la fijación de la mirada favorece que la información se perciba en una zona de la retina donde la agudeza es mayor. Sin embargo, hay condiciones en las que es posible mover la atención sin movimientos oculares, lo que se ha denominado orientación encubierta.

Posner y Raichele (1994) distinguieron cuatro propiedades de estos cambios de la atención:

1. Ocurre encubiertamente, sin necesidad de movimientos oculares.
2. Están fuertemente ligados a la señal, ya que incluso cuando se informa al participante de que existe una alta probabilidad de que el estímulo objetivo aparezca en la localización no señalada, se obtienen efectos inmediatos de facilitación en la localización señalada, y es a partir de 500 ms cuando se comienzan a observar efectos de facilitación en la localización no señalada, de acuerdo con las instrucciones.
3. Los cambios pueden producirse por voluntad del participante en el caso de señales centrales (orientación endógena), o de forma automática en el caso de señales periféricas (orientación exógena).
4. Si la atención se dirige a una señal periférica y antes de la aparición del objeto regresa al punto de fijación (bien por la ocurrencia de otra señal en esa localización, o porque la señal periférica no es informativa), se observan efectos de inhibición de retorno.

Eye Tracking técnica

El seguimiento de ojos (eye tracking) es una técnica utilizada para medir el movimiento de los ojos, brinda información sobre qué está mirando una persona en un momento dado y cómo sus ojos se mueven de una ubicación a otra. A partir de estas técnicas es posible realizar un estudio detallado de las fijaciones oculares, los movimientos sacádicos y la trayectoria visual, la secuencia completa de seguimiento ocular que incluye las fijaciones y sácadas de interconexión. Con estos datos es posible calcular diferentes índices para describir los movimientos oculares, entre los más comunes se destacan: cantidad de fijaciones, duración de las fijaciones, cantidad de fijaciones dentro de una determinada área, cantidad de movimientos sacádicos, amplitud de las sacadas y dirección de las sacadas (Poole y Ball, 2005).

El registro de los movimientos oculares, sacádicos y fijaciones, así como del tamaño pupilar, se realiza recurriendo a sofisticados aparatos de detección. Los más populares son los seguidores oculares (o eyetrackers) muchos de los cuales están equipados con pupilómetros (Cabestrero y Crespo, 2002). Tres han sido los parámetros oculares que se han utilizado como medidas de la actividad visual durante el procesamiento de información; los movimientos sacádicos, las fijaciones oculares y el cambio del diámetro pupilar. Existe una amplia variedad de movimientos oculares aunque, sin lugar a dudas, los movimientos sacádicos han sido los más utilizados cuando se analizan las relaciones entre el movimiento ocular y el control atencional durante el procesamiento. El sistema sacádico incluye dos parámetros motores diferentes; el salto o movimiento sacádico y la fijación que constituye el momento en el que el ojo está en reposo. Movimientos sacádicos y fijaciones presentan estrechas relaciones, los primeros son movimientos que dirigen la mirada hacia una zona de interés, mientras que la fijación es el periodo en el que el ojo, relativamente estacionario, no solo capta información sino que, también, se decide a que zona del campo visual se dirigirá la siguiente fijación (Leigh y Zee, 1991; Viviani, 1990).

Existen diversas técnicas para registrar los movimientos oculares. Todos presentan ventajas e inconvenientes y su utilización depende del objetivo de la investigación y del contexto psicológico o fisiológico específico. El modo de operación de estos aparatos se fundamenta en determinadas propiedades óptico-físicas del ojo que aparecen como consecuencia de la emisión de luz infrarrojo. La velocidad de muestreo de las cámaras de registro ocular se designa en hertzios. Una cámara de 50 Hz toma cincuenta registros instantáneos de la posición del ojo en un segundo, es decir una cada veinte milisegundos. Los sistemas de 50 Hz y 60Hz son los más habituales debido a que la óptica no impone restricciones al movimiento de la cabeza del sujeto. Conforme se incrementa la velocidad de la cámara las restricciones se hacen más acusadas, pues para realizar un adecuado registro ocular se obliga a inmovilizar al máximo la cabeza del observador. (Gimero, 2004).

El ojo nunca está estático, durante las fijaciones oculares, se produce diversos micro-movimientos de fijación. (drifts, flicks y tremor ocular), debido a ello una vez realizado el registro ocular se hace necesario depurar los datos en bruto para calcular las fijaciones. Por norma general teniendo en cuenta las propiedades motoras del ojo, las fijaciones oculares se calculan mediante algoritmos matemáticos que en la actualidad, son incorporados en el software que suministran los fabricantes de eyetrackers.

En el estudio de los movimientos oculares resulta esencial que el sujeto, mantenga inmóvil la cabeza mientras se estudian los movimientos oculares, para evitar que los desplazamientos en la mirada se efectúen con movimientos de la cabeza y no mediante movimientos oculares. Por esta razón, es aconsejable contar en el laboratorio con una silla con un cabezal ajustable, particularmente en periodos largos en dichas aplicación en los que el sujeto puede olvidar, las instrucciones verbales en este sentido.

La fijación visual es quizá la variable que más fácilmente asociamos con los movimientos oculares en un gran número de estudios se emplea esta señal psicofisiológica, para averiguar en qué objetos o elementos del entorno visual fija el sujeto su mirada, las aplicaciones de este campo son múltiples, y nos permiten determinar, cuál es el recorrido ocular que efectúan las personas que ejecutan correctamente una tarea de exploración de un estímulo visual determinado. (Fischer, 1983).

Justificación

La estimación temporal es una habilidad que permite la organización conductual y la selección de respuestas apropiadas ante distintas situaciones. Diversos investigadores han propuesto teorías y modelos para explicar dicha habilidad, entre ellas la Teoría de la expectancia escalar. Ésta plantea módulos que proveen una explicación plausible de la estimación temporal al considerar no sólo mecanismos de reloj, memoria y decisión, sino que puede permitir la integración de otros fenómenos cognoscitivos como la atención. Sin embargo, aún no se sabe si el procesamiento visual interactúa, en cómo estimamos las duraciones. Es importante conocer las estrategias que se emplean en el proceso de la información visual que puedan influir cuando se realiza una tarea de categorización de duraciones, porque esto dará información en como modula la atención la percepción temporal. Es posible conocer dichas estrategias al analizar el movimiento ocular, el tiempo de fijación y lugar donde se fija la mirada y si estos parámetros tienen alguna relación con la emisión de respuestas correctas, en la categorización de las duraciones. Habitualmente se observa que el tiempo para detectar el estímulo es menor cuando éste aparece en el momento esperado o atendido. La idea fundamental es que el grado de atención que prestemos al fluir del tiempo altera nuestra percepción de la duración. El presente trabajo plantea examinar el movimiento ocular durante la ejecución de una tarea de estimación temporal.

Objetivo

El objetivo de la presente investigación fue estudiar el proceso de movimiento ocular en adultos jóvenes durante la resolución de la prueba de bisección temporal para establecer si existía relación entre las variables oculares y el desempeño correcto de categorización de duraciones. Con este estudio se pretendió, identificar algún tipo de estrategia atencional para la resolución de la prueba.

Método

Preguntas de investigación

- Evaluar si existe alguna relación entre las variables de movimiento ocular con la realización de una tarea de categorización de duraciones (bisección temporal).
- Evaluar los tiempos de fijación y movimiento ocular durante las estrategias atencionales de los participantes.

Hipótesis

- 1- El número de fijaciones o su duración podría tener alguna relación con la ejecución de la tarea de estimación temporal.
- 2- Si existen diversas estrategias atencionales se generarán diversos patrones de movimientos oculares relacionados con la ejecución de la tarea de estimación temporal.

Variables

La variable independiente. Es el tiempo en milisegundos de 7 duraciones en la prueba de estimación temporal.

La variable dependiente. El movimiento y fijación ocular. Clasificación correcta de las duraciones de los estímulos.

Participantes

30 Estudiantes (hombres) de semestres finales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México con edades entre 20 a 25 años. A todos los participantes se les invitó al laboratorio de Farmacología Conductual de la Facultad de Psicología, UNAM. Después se les notificó por escrito el procedimiento, las medidas de seguridad y la duración de la prueba (de 30 minutos aproximadamente), se les informó que podían retirarse en el momento que así lo quisieran, posteriormente quienes decidieron participar leyeron y firmaron un consentimiento. Criterios de inclusión: contar con una visión normal (lectura de 20/20, sin cirugía ocular previa, miopía, astigmatismo o uso de algún tipo de lentes). Criterio de exclusión: lectura menos a 20/20, miopía, astigmatismo, cirugía ocular previa, uso de lentes.

Aparatos

Los estímulos y respuestas se presentaron y registraron a través de 2 computadoras IntelCore 2 Duo acopladas a un sistema de seguidor de movimientos oculares video-digital TOBII 1750 Eye-Tracking (TobiiTechnology AB, Stockholm, Sweden) y programadas con E-Prime (Psychology Software Tools, Inc. Pittsburgh, PA); este sistema permite el registro de los movimientos sacádicos oculares (dirección y duración) así como la fijación (localización y duración) y diámetro pupilar.

Aplicación

Dentro de un cubículo los participantes estuvieron sentados a 60 cm de distancia de frente al monitor y teclado de la computadora. Los estímulos experimentales fueron programados en E-Prime versión 2.0, asegurando una precisión en milisegundos de los estímulos presentados y del registro de respuestas. Cada participante tuvo audífonos canceladores de ruido y estuvieron frente un teclado para emitir sus respuestas.

Presentación de estímulos

Los estímulos fueron círculos de 6 mm de 5 colores diferentes, (verde, magenta, rojo, amarillo, y azul). La pantalla se dividió en 7 partes iguales tanto en dirección horizontal como vertical y se numeraron horizontalmente iniciando en la esquina superior Izquierda (1) y terminando en la Inferior Derecha (49). Los estímulos se presentaron en el centro de los cuadros 9, 13, 25, 37,41. En adelante estos cuadros serán referenciados como Áreas de Interés (AdI).

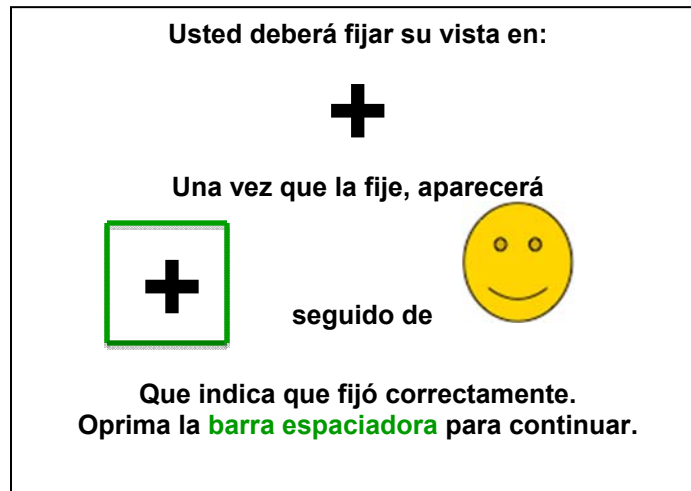


Figura 3. Instrucciones de la tarea para la fijación.

En la tarea se les instruyó para un punto de fijación y para evitar parpadear, y salirse del espacio marcado en la realización de la prueba. Cada ensayo comenzó con la presentación de un punto de fijación, en el centro de la pantalla durante 100 ms. Posteriormente, se presentó un cuadrado rojo que parpadeaba en caso de que los sujetos parpadearan demasiado, una vez que el sujeto lograba la fijación por 100 ms en el punto de fijación el cuadro cambiaba a verde, indicando que había logrado la fijación correcta. Posteriormente, se presentó el estímulo, hasta que el sujeto respondiera. Solo el 20% de los estímulos eran reforzados con una carita feliz. La pantalla permanecía en blanco durante 1250 o 750 ms antes de que apareciera el siguiente punto de fijación.

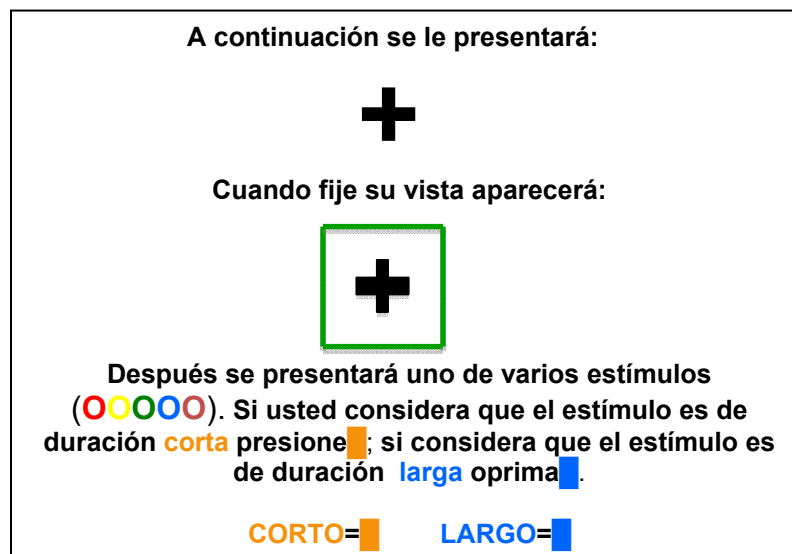


Figura 4. Instrucción de la tarea de estimación temporal.

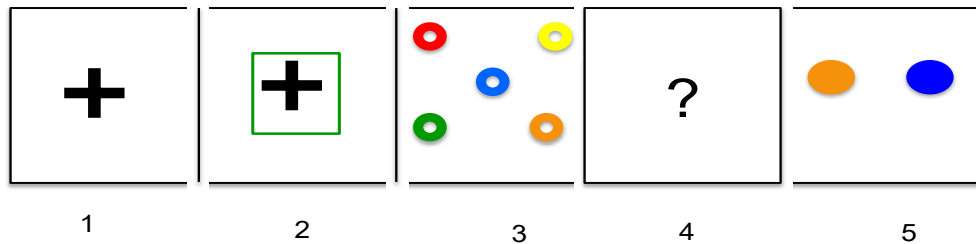


Figura 5. Presentación de los estímulos en la tarea experimental

- 1- Se presentaba en la pantalla en blanco, una cruz en el centro de la pantalla.
- 2- Después aparecía un cuadrado, color verde alrededor de la cruz, que indicaba que el sujeto estaba fijando correctamente su vista.
- 3- Los estímulos círculos de cinco colores que podían aparecer en cualquiera de las 5 posiciones de la pantalla, superior derecha, superior izquierda, centro, inferior izquierda, inferior derecha, el participante nunca podía predecir en qué posición de la pantalla aparecería el estímulo.
- 4- Un signo de interrogación, en donde el sujeto tenía que decidir si el estímulo, previamente presentado era corto o largo.
- 5- El participante respondía con dos teclas de colores, para clasificar la duración del estímulo.

Procedimiento general

Las sesiones de registro de movimientos oculares tuvieron una duración de 30 minutos aproximadamente, dependiendo del desempeño del participante y consistieron en:

1. Se les entregó un consentimiento informado, si estaban de acuerdo firmaba el consentimiento y en ese momento iniciaba la sesión.
2. Se inició con la calibración de la computadora para que las medidas fueran equivalentes entre los sujetos; a los sujetos se les sentó a una altura de 55 cm a un ángulo de 4.8 grados y a una distancia de 60 centímetros del monitor.
3. A los sujetos se les indicó que debían mantener la posición para que no saliesen del campo marcado.
4. La prueba se dividió en 3 etapas:

- a) Instrucciones. En el monitor aparecían las instrucciones para la tarea experimental, una vez que el participante terminó la lectura, si mostraba alguna duda, se le indicaba claramente el objetivo de la tarea en forma verbal, y se le explicaba el procedimiento de la misma.
 - b) Entrenamiento. Consistía en la presentación de 80 ensayos; después de esto se le preguntó cómo se sentían con su ejecución y si creían que su desempeño había sido satisfactorio. Aquí los participantes tuvieron la opción de tener una segunda oportunidad para realizar otra serie de 80 ensayos o, en su caso, continuar con la prueba. Además, el participante tenía que cumplir con un criterio de 80% de respuestas correctas independientemente de que se sintiera satisfecho con su ejecución.
 - c) Prueba. Consistió en la presentación de 100 ensayos.
5. Una vez terminada la prueba, los participantes contestaron una ficha de identificación para tener datos generales de salud y alguna enfermedad, con esto se realizó un criterio de selección en el que los sujetos no tenían algún tipo de enfermedad o consumo de alguna droga así como enfermedades (psiquiátricas), excluyendo a quienes no cumplieran con el criterio de normalidad. Después de esto se agradeció verbalmente por su participación.

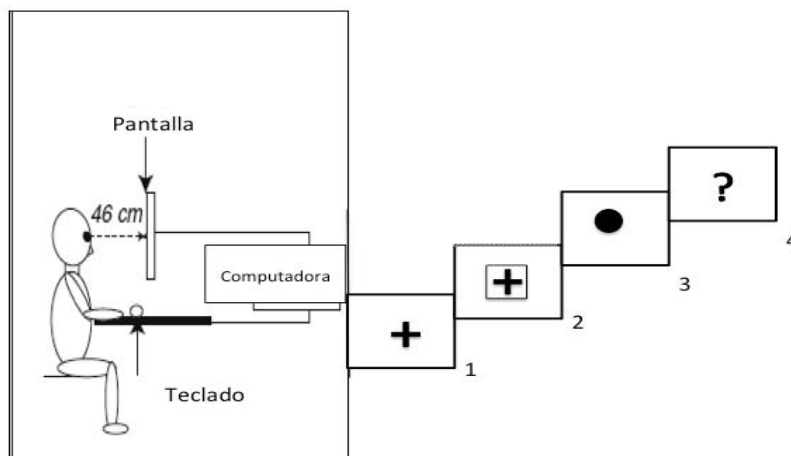


Figura 6. Muestra cómo fueron presentados los estímulos y posición del equipo

Procedimiento de la tarea de bisección temporal

La sesión experimental se dividió en 3 bloques.

1. **Instrucción:** Constó de 10 ensayos y se presentaron las siguientes instrucciones:

“A continuación se le presentará una tarea en la que usted tendrá que discriminar entre dos estímulos de diferentes duraciones, si usted cree que el estímulo es de duración corta presione la tecla C, o si usted cree que el estímulo es de duración larga presione la tecla M. Corta = C Larga = M. Presione la barra espaciadora para iniciar.” Cada ensayo comenzó con una cruz de fijación al centro de la pantalla (Figura 2,1) seguida de un estímulo visual (Figura 2,3), al terminar el estímulo aparecía la respuesta en la pantalla, indicándole al sujeto. “el estímulo anterior fue de duración corta presione la tecla “C”.

2- **Fase de Entrenamiento.** Constó de 80 ensayos con las 7 duraciones aleatorias (200, 250, 320, 400, 500, 640, 800 ms) sin reforzador y las duraciones de 200 y 800 reforzadas en algunos ensayos y se presentaron las siguientes instrucciones: “Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos de distinta duración. Responda sí el estímulo fue de corta duración, oprima la tecla C, sí usted considera que el estímulo fue de larga duración, oprima la tecla M. Corta = C Larga = M Presione la barra espaciadora para continuar”. Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior, sin embargo después del estímulo aparecía un signo de interrogación (Figura 2, 4) para que ellos pudieran categorizar la duración del estímulo.

2. **Fase de prueba:** constó de 100 ensayos con las 7 duraciones aleatorias (200, 250, 320, 400, 500, 640, 800 ms) sin reforzador y las duraciones de 200 y 800 reforzadas en algunos ensayos y se presentaron las siguientes instrucciones: “Los ensayos anteriores fueron de entrenamiento, ahora se le presentarán una serie de estímulos de distinta duración. Responda sí el estímulo fue de corta duración, oprima la tecla C, sí usted considera que el estímulo fue de larga duración, oprima la tecla M. Corta = C Larga = M Presione la barra espaciadora para continuar”. Las características de los ensayos fueron las mismas que para la fase anterior, sin embargo después del estímulo aparecía un signo de interrogación (Figura 2, 4) para que ellos pudieran categorizar la duración del estímulo.

Criterios para el análisis de la atención:

La ventaja de medir los movimientos oculares es que provee un registro continuo del despliegue de la atención en el espacio. En la actualidad están disponibles muchos equipos para medir los movimientos oculares. Todo el equipo de monitoreo de movimiento ocular requiere calibración cuidadosa en cada participante. Esta comprende que el participante fije la mirada en el centro y luego mueva los ojos a sitios conocidos alrededor de la pantalla (por lo general a los puntos más lejanos hacia arriba, abajo, derecha e izquierda) mientras tanto, el experimentador ajusta el equipo. En lo que respecta a la adquisición y procesamiento de datos, por lo general no hay estándares aceptados, e incluso los expertos en la materia, reconocen que permanecen oscuros muchos factores en la metodología (Rayner, 1998). Las prácticas comunes incluyen depuración de los datos con un filtro de movimientos y exclusión de parpadeos que pueden alterar el patrón de las fijaciones (Bradley, Mogg y Millar, 2000). Las medidas dependientes varían según el experimento, pero por lo general incluyen una o más de las siguientes dependiendo de la hipótesis particular del estudio: localización de la primera fijación, su duración, velocidad, cantidad en un área determinada y duración total.

Criterios para el análisis de datos:

Se aplicaron 3 criterios para la selección de los ensayos incluidos en el análisis de datos. El primero fue que los sujetos tenían que dar la respuesta de categorizar la duración del estímulo en menos de 2 segundos; si los sujetos no oprimían la tecla para indicar si el estímulo les parecía corto o largo, entonces se contaba como ensayo sin respuesta y se omitía del análisis de datos. Ningún ensayo se eliminó por este criterio. El segundo criterio fue que la duración mínima de la fijación debía ser de 100 ms para excluir la cuenta de fijaciones a Áreas de Interés (AdI) que se encontraran a lo largo del trayecto de un movimiento sacádico. El tercer criterio fue que la primera fijación tuvieran una latencia mayor a 100 ms (es decir, que estuvieran fuera del AdI pertinente por al menos 100ms) para evitar incluir como fijación movimientos sacádicos anticipatorios no relacionados con el enfoque de la atención. Estos criterios son los que usualmente se aplican en estudios similares (Bradley y Mogg, 2000). Al aplicar los criterios usuales para la selección de sacadas se observó que unos sujetos quedaban sin ensayos a incluir en el análisis (grupo- contacto central con el estímulo), mientras que en otros casos se

incluyeron en el análisis la mayoría de los ensayos (grupo-contacto periférico con el estímulo). En el grupo de contacto periférico con el estímulo no existen diferencias significativas entre el análisis en que se excluyen algunos de los ensayos y el análisis que incluye todos los ensayos, por tanto se comparan los grupos utilizando todos los ensayos.

Latencia para lograr la fijación:

Se requería que los sujetos logaran una fijación de 100 ms continuos, pero no existió criterio de exclusión por duración de la latencia. Se utilizó la fijación para estar seguros de que el sujeto tenía su atención en la pantalla y lograr una fijación común al inicio de los ensayos.

Latencia de respuesta:

Fue el tiempo requerido por el sujeto para, después de terminada la presentación del estímulo, presionar la tecla que categorizaba el estímulo recién presentado como corto o largo. En el análisis de filtro se excluyeron los ensayos en los que no se cumplió con los criterios de validez del contacto (latencia de 100 ms, duración mínima de 100 ms, contacto visual con AdI). En las hojas originales y filtradas se excluyen los ensayos en los que el sujeto no emitió respuestas de categorización y se excluyeron los registros no validos (ojos fuera de la pantalla cuando se tomó el registro (cada 20 ms) ya que puede contribuir a que una fijación particular se registrará como dos fijaciones sucesivas a la misma AdI y que si no cumplen con los criterios de validez sean excluidos (estos registros excluidos fueron los mínimos, normalmente no más de dos registros por sección).

Latencia de fijación a cualquier AdI en el ensayo:

Es la latencia para hacer contacto con cualquier AdI sin importar, si el estímulo estaba presente o no y sin importar si el contacto cumplió con los criterios de validez (es decir, incluye contactos anticipados o muy cortos con un AdI, pero excluye los contactos con el AdI central). Como se analizaron las hojas originales en los dos grupos (es decir se incluyeron todos los ensayos excepto los excluidos por falta de respuesta y aquellos en los que no se registró la pupila) sirvió para determinar si los sujetos del grupo contacto central movían los ojos o permanecían todo el tiempo en contacto con el AdI central.

Criterios de evaluación de hojas filtradas para los resultados.

En total se hicieron 95 aplicaciones de la prueba de estimación temporal en el seguidor de ojos. Una vez realizadas las aplicaciones, se inició la comparación de las hojas de filtro tal como se explicó anteriormente para el análisis. Se sacó el promedio de la hoja después de aplicar los filtros para saber cuál era la puntuación que obtenían los sujetos; con esto nos dimos cuenta que los sujetos se dividían en dos grupos por la suma obtenida de la hoja filtrada: en unos sujetos se incluían casi todos sus ensayos, pero había otros sujetos en los que se excluía la totalidad de los ensayos. Así, tomamos un criterio para la separación de dichos grupos: Grupo 1 (después de los análisis iniciales se denominó contacto central con el estímulo): Con 0 ensayos en la hoja filtrada. Grupo 2. Mayor a 60 ensayos (que posteriormente se denominó contacto periférico; se debe notar que hubo 20 estímulos que aparecieron en el área central). Sujetos que no alcanzaron estos criterios de suma de hoja filtrada no fueron incluidos en el experimento. Por esta razón para este trabajo sólo tomamos los que cumplían con los criterios, 15 sujetos que tenían 0 ensayos en el grupo 1; estos sujetos nunca dejaban el área central o muy pocas veces su movimiento se alejaba del área central y no visitaba otras 4 áreas: Superior izquierda y derecha, inferior izquierda y derecha. A este grupo de cero ensayos, nombrado aquí como grupo contacto central con el estímulo.

Grupo 2- Fue el grupo que obtuvo más de 50 ensayos que cumplían con los criterios y tuvo contacto con todas las áreas en la pantalla, superior derecha e izquierda, inferior derecha e izquierdo y centro. De aquí se nombró como el grupo contacto periférico con el estímulo a dicho grupo. Como se verá en los resultados, este grupo hizo un recorrido primero en la parte superior después centro y posteriormente a las áreas inferiores, por lo que el grupo tuvo un movimiento ocular constante.

Por esta razón se hace referencia a dos grupos en los resultados, ya que de un grupo de 95 sujetos, se obtuvo una muestra de 30 y la cual se dividió en dos grupos por la suma promedio obtenida en los filtros. De esta suma al hacer el análisis se encontró que los participantes utilizaron estrategias diferentes en la forma de realizar la tarea de estimación temporal, un grupo evaluó las características del estímulo y lo siguió constantemente y el otro grupo mantuvo constante la mirada en un punto de la pantalla.

Análisis de datos

Se derivó el porcentaje de respuestas al estímulo Largo (%L) para cada sujeto de acuerdo con los datos proporcionados por las sesiones de prueba. Se ajustó una función logística ($f(x) = a/(1+((x/b)^c))$); y se ajustaron los datos considerando como 0 la respuesta mínima y como 100 la respuesta máxima (es decir, normalizando el porcentaje de las respuestas correctas a cada uno de las duraciones intermedias. Las gráficas que ilustran estos datos fueron realizadas en Prism, versión 5.0. y SPSS. Las comparaciones entre los dos grupos contacto central y contacto periférico, se llevaron a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías con medidas repetidas, mientras que las comparaciones de punto de bisección y fracción de Weber en el análisis se realizaron con pruebas t.

Ajuste de curvas, Gaussiana, logística y Normalizada.

Normalmente se ajusta una curva gaussiana de 3 parámetros; también se puede ajustar una curva lineal tomando 20 o tres puntos a la vez y elegir la de mayor pendiente. Alternativamente, se puede ajustar una curva Gaussiana de 4 parámetros o una curva normalizada, en la cual el puntaje mínimo se iguala a 0 y el máximo a 100 y los restantes se expresan como proporción de estos. La variación entre los puntos de bisección obtenidos por los diferentes métodos de ajuste es mínima. De estos ajustes se deriva el limen y fracción de Weber.).

RESULTADOS

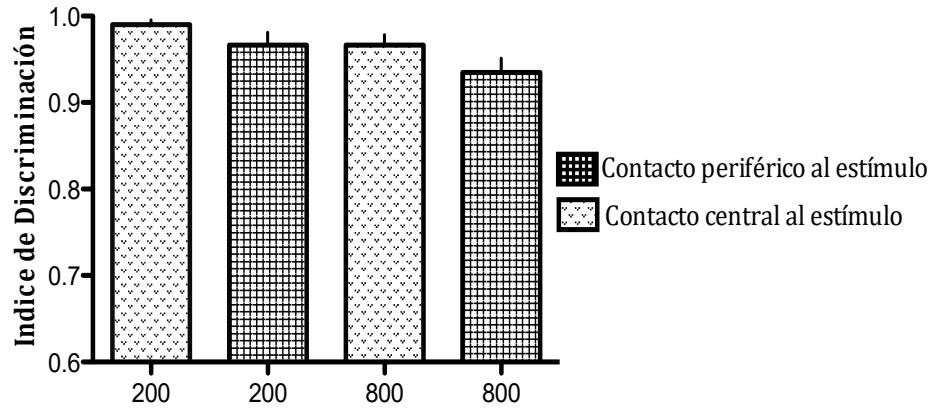


Figura 7. Índices de discriminación durante la sección de prueba. Promedio \pm ESM; N= 15 para cada grupo

La figura 7 muestra los índices de discriminación. Se realizó una comparación entre las duraciones 200 y 800 de los dos grupos; específicamente, la comparación se hizo entre el grupo contacto central cuando seleccionó la tecla relacionada con 200 ms y el grupo contacto periférico cuando seleccionó la tecla relacionada con 200 ms; la siguiente comparación fue cuando el grupo contacto central y el grupo contacto periférico eligieron la tecla relacionada con 800 ms. Es decir, las comparaciones son entre grupos cuando seleccionaron la respuesta “corto” y cuando seleccionaron la respuesta “largo”. El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [$F(1,28)=6.521, p=0.016$], pero no entre los grupos [$F(1,28)=3.794, p=0.062$] ni en la interacción [$F(1,28)=0.150, p=0.702$]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, que en el grupo Contacto Periférico el índice de discriminación a los 800 ms alcanzó significancia [$p=0.015$] estadística respecto al índice observado a los 200 ms.

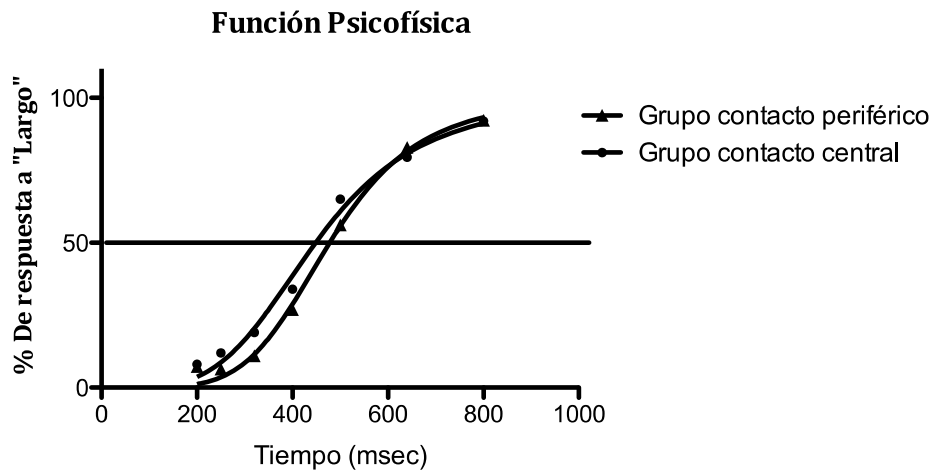


Figura 8. Función Psicofísica. Media \pm ESM; N=15.

La Figura 8. Muestra la función psicofísica característica del procedimiento de bisección temporal. Para analizar las respuestas de la tarea de bisección tanto en animales como en humanos, se grafica una función psicofísica que muestra la proporción de respuestas a “largo” contra los valores de las duraciones presentadas a lo largo de la sesión. En este caso los estímulos muestra durante el entrenamiento fueron de 200 y 800 ms y las duraciones intermedias fueron en una escala semi-logarítmica. La proporción de respuestas al largo en las duraciones intermedias fueron ajustadas con una función logística de 3 parámetros [$f = (a / (1 + (x / b)^c)$] donde a es la máxima asintótica, b es la pendiente y c es el punto de bisección. En el eje de las ordenadas se muestra el porcentaje de respuestas asociado a la duración de 800 ms.

De la función anterior se derivan tres importantes indicadores.

- a) La media de tendencia central o punto de bisección. Que corresponde a la duración del 50% de respuestas correctas a largo y se refiere al valor t.
- b) El limen, que es una medida de dispersión y se obtiene de la diferencia entre la duración correspondiente al 75% y al 25% de respuestas a largo.
- c) Fracción de Weber, que se emplea como el índice de sensibilidad a la dimensión temporal.

En los resultados de la tarea de bisección se obtuvo un desplazamiento a la derecha para el grupo con contacto periférico. La superposición de las curvas psicométricas empleando distintos intervalos de tiempo implica que la fracción de Weber se mantiene constante (Gibbon, 1997). De las posibilidades de desplazamiento de la función psicofísica el desplazamiento a la izquierda y derecha han sido interpretadas respectivamente como efecto del incremento o decremento en la velocidad del marcapaso propuesto por el modelo de SET. La pendiente de la función sugiere que el grupo contacto central mostró una mayor sensibilidad lo que significa que fue más sensible o tuvo una mejor discriminación de las categorías de 200 y 800 ms. El grupo contacto periférico mostró menor sensibilidad, pero realizó correctamente la categorización.

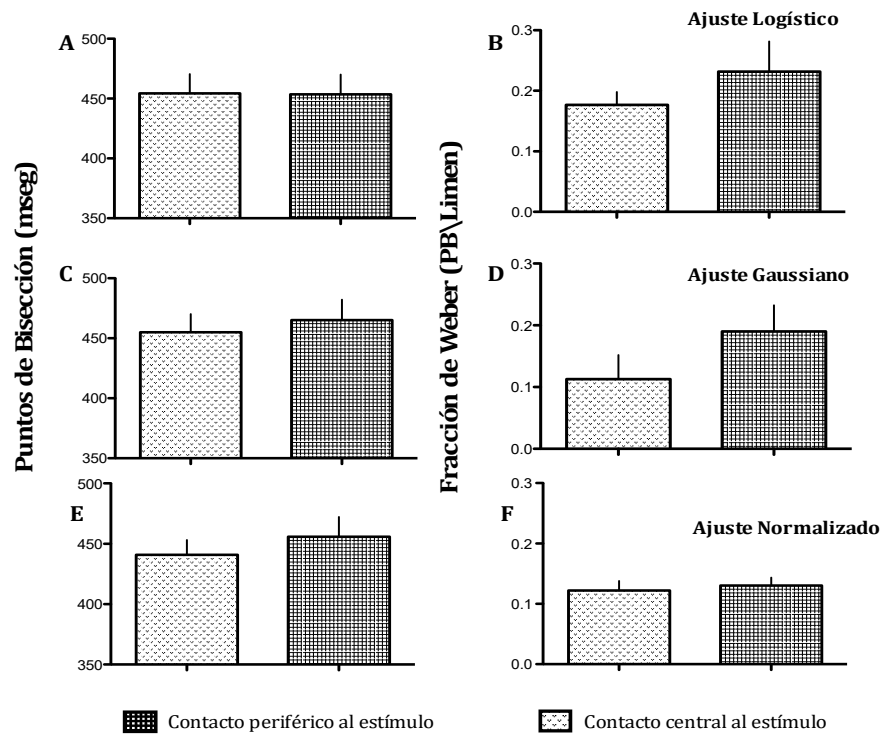


Figura 9. Muestra los puntos de bisección y las fracciones de Weber con 3 ajustes diferentes: Ajustes con una función logística (A y B), una función Gaussiana (C y D) y una función logística pero normalizando los datos (E y F). Normalmente se ajusta una curva de 3 parámetros, de las cuales se deriva el tiempo pico, (tasa máxima) y la FW (momento en que se alcanza el 75% de la tasa máxima en sentido ascendente y descendente).

- A. Puntos de bisección con ajuste logístico (LogPB).** Después de realizar un análisis de normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (la cual indicó que ambos grupos se distribuyen de manera normal; con una $p > 0.10$) para los grupos de contacto central y contacto periférico se realizó una comparación con la t de Student, que mostró un valor de $t_{(28)} = 0.03249$, $p = 0.9743$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos contacto central y contacto periférico en sus puntos de bisección.
- B. Fracción de Weber con ajuste logístico (LogWF).** Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, D'Agustino y Pearson y Shapiro-Wilk indicaron que los grupos no se distribuyen de manera normal: para grupo contacto central con una $p > 0.0034$, y para grupo contacto periférico $p < 0.10$ respectivamente; por lo tanto se realizó un análisis no paramétrico de U de Mann-Whitney, mismo que encontró un valor de $U = 104.0$, $p = 0.7400$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en su fracción de Weber.

- C. **Puntos de bisección con ajuste gaussiano (GausPB).**- La prueba de Kolmogorov-Smirnov, indicó que ambos grupos se distribuyen de manera normal con una $p > 0.10$, por lo tanto, se realizó un análisis paramétrico de t de Student, mismo que encontró un valor de $t_{(28)} = 0.4417$, $p = 0.6621$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos.
- D. **Fracción de Weber con ajuste gaussiano (GausWF).**- La prueba de Kolmogorov-Smirnov, D'Agustino y Pearson y Shapiro-Wilk indicaron que ninguno de los dos grupos se distribuye de manera normal, para ambos grupos $p < 0.0001$; por lo tanto, se realizó un análisis no paramétrico de U de Mann-Whitney, mismo que encontró un valor de $U = 99.00$, $p = 0.5897$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de contacto central y periférico en su fracción de Weber estimado con el ajuste Gaussiano.
- E. **Puntos de bisección con ajuste Normal.** La prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual indicó que ambos grupos se distribuyen de manera normal con una $p > 0.10$, por lo tanto, se realizó un análisis paramétrico de t de Student, mismo que encontró un valor de $t_{(28)} = 0.7270$, $p = 0.4733$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de contacto central y periférico en su punto de bisección estimado con el ajuste normalizado.
- F. **Fracción de Weber con ajuste Normalizado.**- La prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual indicó que ambos grupos se distribuyen de manera normal con una $p > 0.10$, por lo tanto, se realizó un análisis paramétrico de t de Student, mismo que encontró un valor de $t_{(28)} = 0.3966$, $p = 0.6947$; esto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de contacto central y periférico en su fracción de Weber .

* Ver detalles, de ajuste de curvas en Anexo 1.

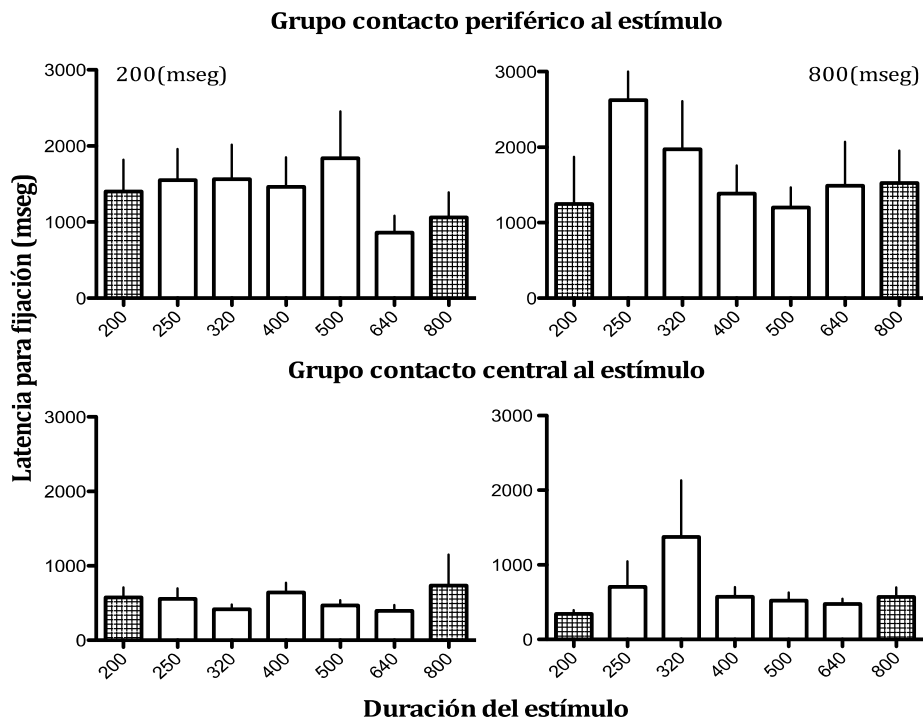


Figura 10. Latencia para la fijación inicial a (+) antes de iniciar el ensayo. Promedio \pm SEM, grupos de sujetos (N=15).

La figura 10 muestra las latencias de fijación (por 100 ms) antes de presentar cualquier estímulo. La cruz se presentaba en el centro de la pantalla para garantizar que los sujetos tuvieran su vista en la pantalla y en un punto común para iniciar la trayectoria de detección y exploración de los estímulos. Se analizó la latencia de la fijación a la posición central de la pantalla antes de presentar los estímulos; como se observa el grupo de contacto periférico con el estímulo tuvo latencias mayores que el grupo de contacto central al estímulo. Sin embargo, solo se realizó la comparación estadística entre las latencias de los estímulos cuya duración estuvo en los extremos (200 y 800 ms).

No se pudo realizar la comparación estadística entre todas las duraciones, en virtud de que el número de vistas durante cada duración intermedia va decrementando conforme se aleja de los extremos. Es decir, en las gráficas de la izquierda se presenta la ejecución cuando el sujeto respondió indicando que el estímulo tenía una duración de 200 ms y las gráficas de la derecha cuando indicó que el estímulo tenía una duración de 800 ms. En esos casos y, por el índice de discriminación, cuando el sujeto respondió clasificando el estímulo como una duración de 200 ms, solo las duraciones reales de 200 o cercanas a este tenían una probabilidad máxima de respuesta, en tanto que la duración de 800 o cercanas a esta duración en realidad indicaban una respuesta incorrecta (que rara vez

ocurrió); lo opuesto es cierto cuando el sujeto respondía clasificando la duración del estímulo con 800 ms. En virtud de esto, las ocurrencias de respuesta a las duraciones intermedias (Ns) decremanta en función de la diferencia con el estímulo y hace imposible cumplir con los supuestos de homogeneidad del ANOVA. La figura 11. Presenta los grupos y duraciones extremas para ilustrar el ANOVA realizado.

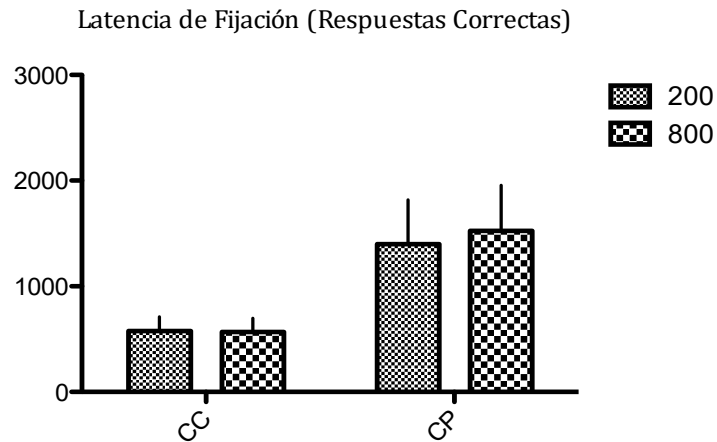


Figura 11- Latencia de fijación (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

Las latencias de fijación para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas tomando en cuenta las respuestas correctas. El ANOVA de dos vías no encontró efectos significativos en la duración [F (1,28)=0.498,p=0.486]; sin embargo, encontró significancia marginal entre los grupos [F(1,28)=4.166, p=0.051] pero no en la interacción [F(1,28)=0.604, p=0.444]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, para la comparación de duraciones a los 800 ms el grupo Contactó Central tuvo una diferencia significativa respecto del grupo Contacto Periférico [p<0.042].

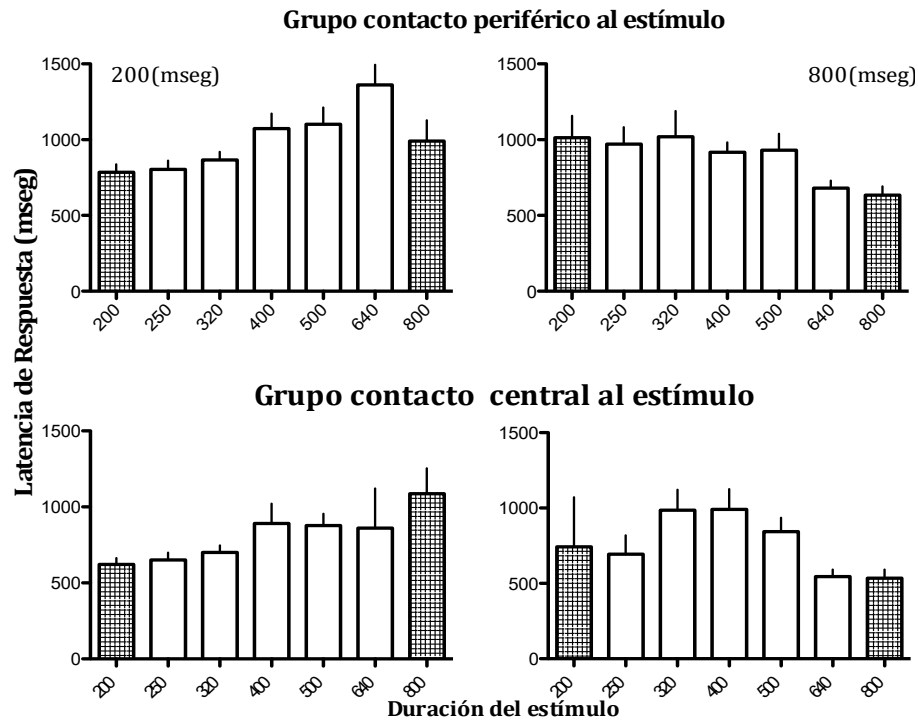


Figura 12. Latencia de respuesta de categorización del estímulo como “corto” o “largo”. Promedio \pm SEM, grupos de sujetos (N=15).

Latencia de respuesta: A semejanza con el caso previo, se realizó la comparación estadística sólo entre la latencia a las visitas a los estímulos cuya duración fue cercana a los extremos (200 y 800 ms). No se pudo realizar la comparación estadística entre las otras duraciones, en virtud de que el número de vistas durante cada duración intermedia va decreciendo conforme se aleja de los extremos. En virtud de esto, las ocurrencias a las duraciones intermedias (Ns) decrecen en función de la diferencia con el estímulo y hace imposible cumplir con los supuestos de homogeneidad del ANOVA. En virtud de estas consideraciones, solo se pudo comparar con una ANOVA de medidas repetidas a los extremos de la primera visita ya que durante las vistas ante las duraciones intermedias va decreciendo la N y haciendo imposible el ANOVA de medidas repetidas. La siguiente gráfica presenta solo los extremos para ilustrar el ANOVA.

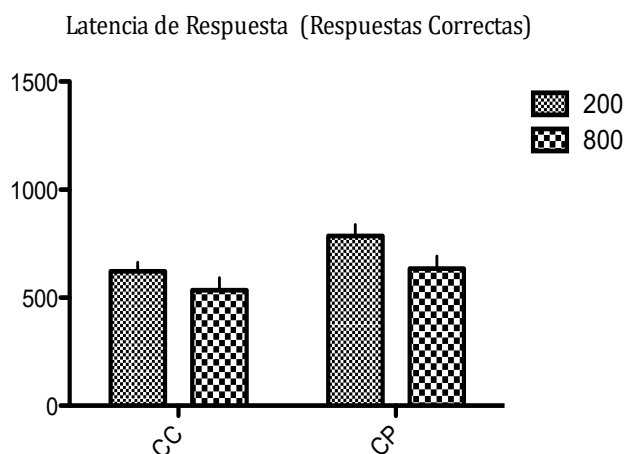


Figura 13. Latencia de las respuestas (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

Así, las latencias de respuesta para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas tomando en cuenta las respuestas correctas. El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [$F(1,28)=16.374$, $p=0.00$], pero no entre los grupos [$F(1,28)=3.640$, $p=0.067$] ni en la interacción [$F(1,28)=1.185$, $p=0.286$]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, para la comparación de duraciones a los 200 ms el grupo Contacto Central tuvo una diferencia significativa respecto del grupo Contacto Periférico [$p<0.022$]; además, se observó que hubo diferencias en la latencia de respuesta del grupo Contacto Central entre las duraciones de 200 y 800 ms ($p=0.046$) y también en el grupo Contacto Periférico ($p=0.001$).

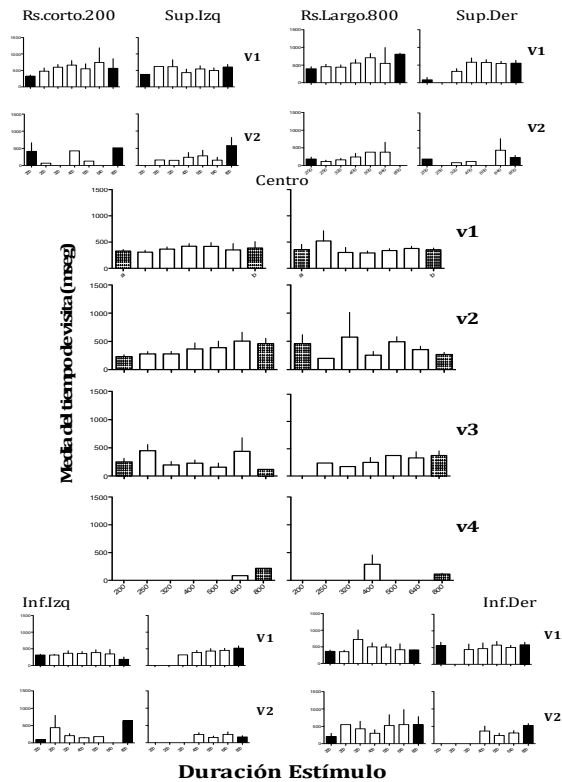


Figura 14. Media del grupo de visita (ms) del grupo contacto periférico con el estímulo. Media \pm ESM; N=15.

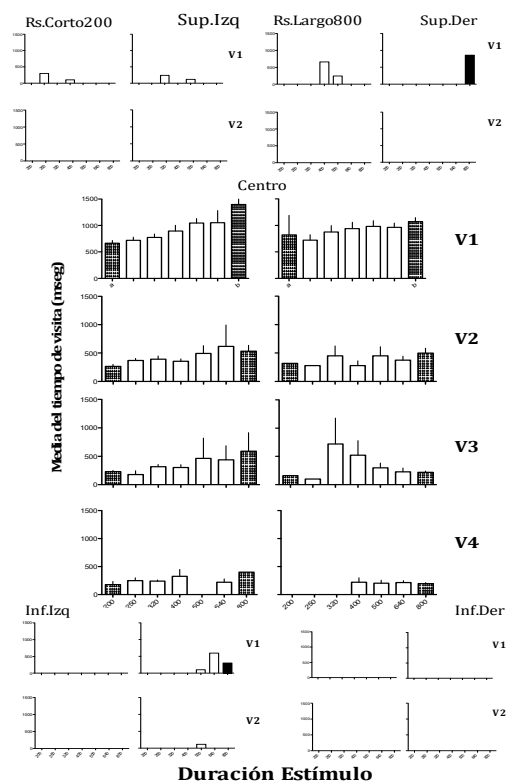


Figura 15. Media del tiempo de visita (ms) del grupo contacto central con el estímulo. Media \pm ESM; N=15.

Para las figuras 14 y 15 se muestra el tiempo que duraron las visitas sucesivas del grupo periférico a las diferentes ADIs; como se puede observar, los sujetos consistentemente realizaron hasta 3 (V1 a V3) vistas al área central pero cuando mucho una sola vista a las diferentes áreas periféricas. En contraste, la ejecución del grupo contacto central (Figura 14) muestra que este grupo realizó hasta 4 (V1 a V4) visitas al ADI central pero prácticamente ninguna a las ADIs periféricas. Se realizó la comparación estadística solo entre la ejecución de la primera y segunda visita del ADI central en las duraciones de 200 y 800 ms en los casos en los que los sujetos respondieron apropiadamente. A semejanza con el caso previo del análisis de latencias, no se pudo realizar la comparación estadística entre las otras duraciones, en virtud de que el número de vistas durante cada duración intermedia va decrementando conforme se aleja de los extremos y las ocurrencias a las duraciones intermedias (Ns) decremanta en función de la diferencia con el estímulo y hace imposible cumplir con los supuestos de homogeneidad del ANOVA.

En virtud de estas consideraciones, solo se pudo comparar con un ANOVA de medidas repetidas a los extremos de la primera visita al centro y en algunas ocasiones la 2da visita. En las vistas sucesivas y en las vistas a las ADIs periféricas ocurre un fenómeno semejante al descrito previamente, no todos los sujetos realizan una 2da visita o una vista periférica por lo que decrementa la N y haciendo imposible el ANOVA de medidas repetidas. En los análisis subsecuentes se aplicó el mismo criterio que en los casos precedentes, es decir, en las comparaciones estadísticas solo se emplearon los extremos de la distribución de estímulos debido a la disminución de la incidencia de las visitas a las duraciones intermedias y porque la probabilidad de respuesta decrementaba conforme se alejaban de alguno de los extremos. La siguiente figura ilustra las latencias de los grupos a los estímulos de los extremos.

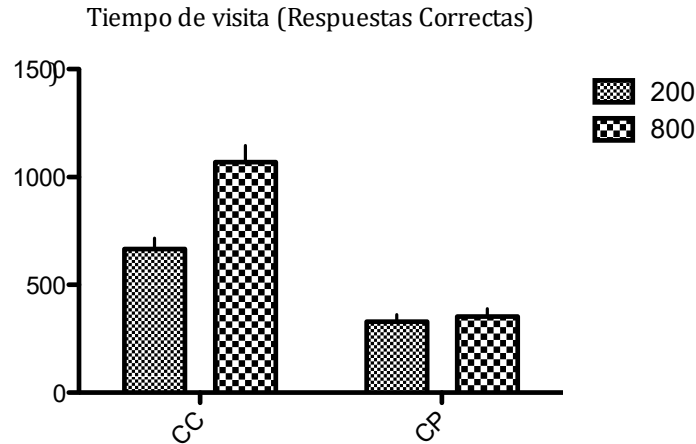


Figura 16. Tiempo de visita (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

El tiempo de visita para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas tomando en cuenta las respuestas correctas. El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [$F(1,28)=114.83, p=0.001$], entre los grupos [$F(1,28)=54.290, p=0.001$] Y en la interacción [$F(1,28)=91.423, p=0.001$]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, para la comparación de duraciones a los 200 ms el grupo Contactó Central tuvo una diferencia significativa respecto del grupo Contacto Periférico [$p<0.001$]; también en el caso de los 800 ms se observó una diferencia significativa ($p<0.001$). Además el grupo de Contacto Central mostró diferencias cuando la duración fue de 200 u 800 ms ($p<0.001$).

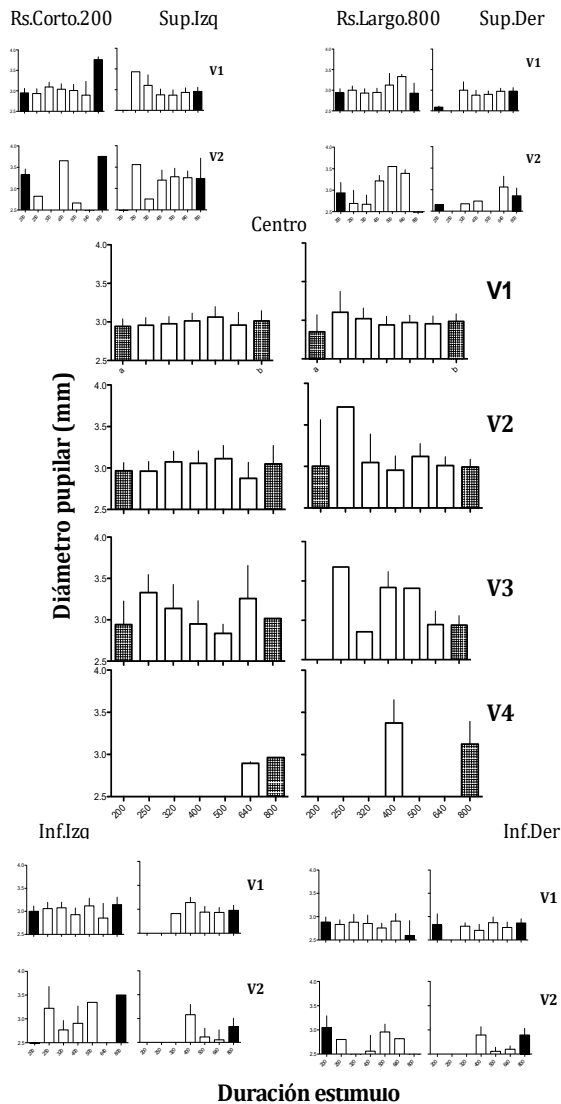


Figura 17. Diámetro de pupila (ms) del grupo contacto periférico con el estímulo. Media \pm ESM; N= 15

La figura 17 y 18 muestran el diámetro pupilar en cada una de las visitas realizadas. Acorde con las gráficas previas se puede observar que el grupo de contacto central sólo mostró una visita al AdI central mientras que el periférico realiza algunas vistas a las AdIs periféricas y varias al AdI central. Como en ocasiones previas, solo se presenta la comparación en los extremos debido que a lo largo de las duraciones intermedias no se reúne el número de visitas por parte de los sujetos para realizar un ANOVA de medidas repetidas. La siguiente figura ilustra los diámetros pupilares de los grupos a los estímulos de los extremos.

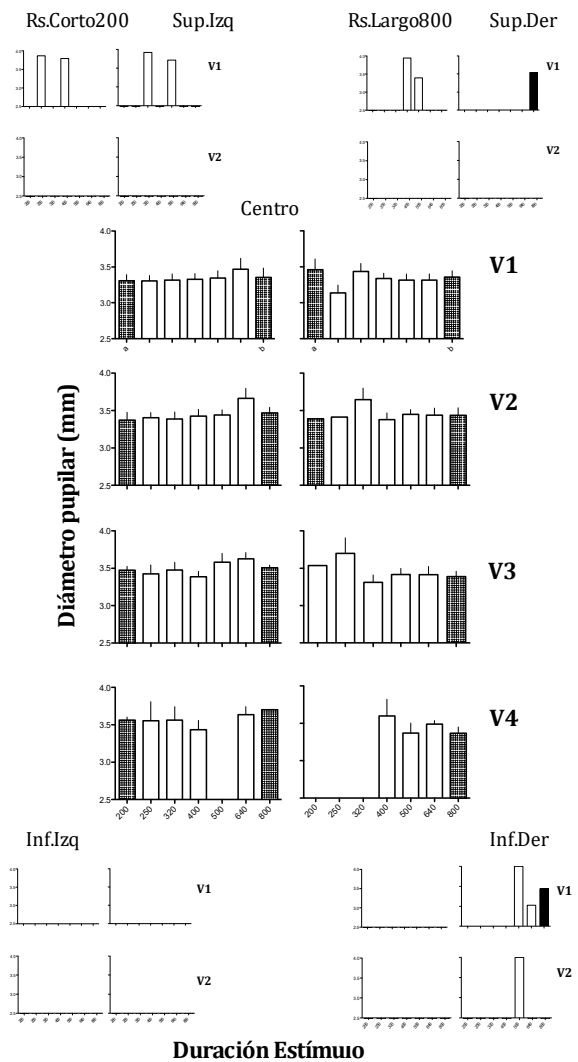


Figura 18. Diámetro pupilar (ms) del grupo contacto central con el estímulo. Media \pm ESM;N=15.

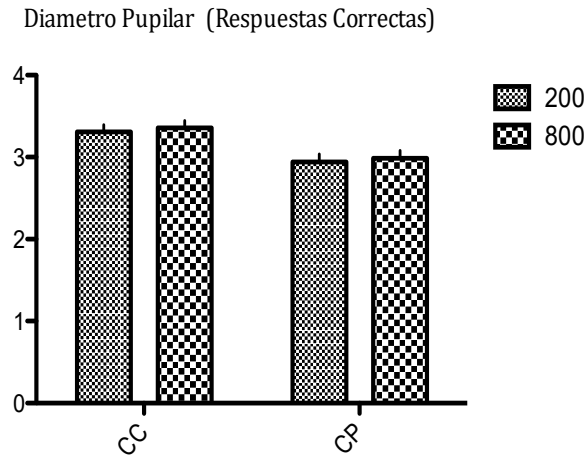


Figura 19. Diámetro pupilar (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

El diámetro pupilar para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas, tomando en cuenta las respuestas correctas. El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [$F(1,28)=0.20, p=0.001$] y entre los grupos [$F(1,28)=0.151, p=0.08$], pero no en la interacción [$F(1,28)=0.092, p=0.764$]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, para la comparación del diámetro pupilar cuando se presentaron estímulos de 200 ms indicó que hubo diferencias entre el grupo Contacto Central respecto al grupo Contacto Periférico ($p=0.009$) y también en el caso de las duraciones de 800 ms el grupo Contactó Central tuvo una diferencia significativa respecto del grupo Contacto Periférico [$p<0.007$]. Cuando se comparó el diámetro pupilar en el grupo Contacto Central se observaron diferencias entre la duración de 200 y 800 ms ($p=0.002$) y también en el caso del grupo Contacto Periférico ($p=0.015$).

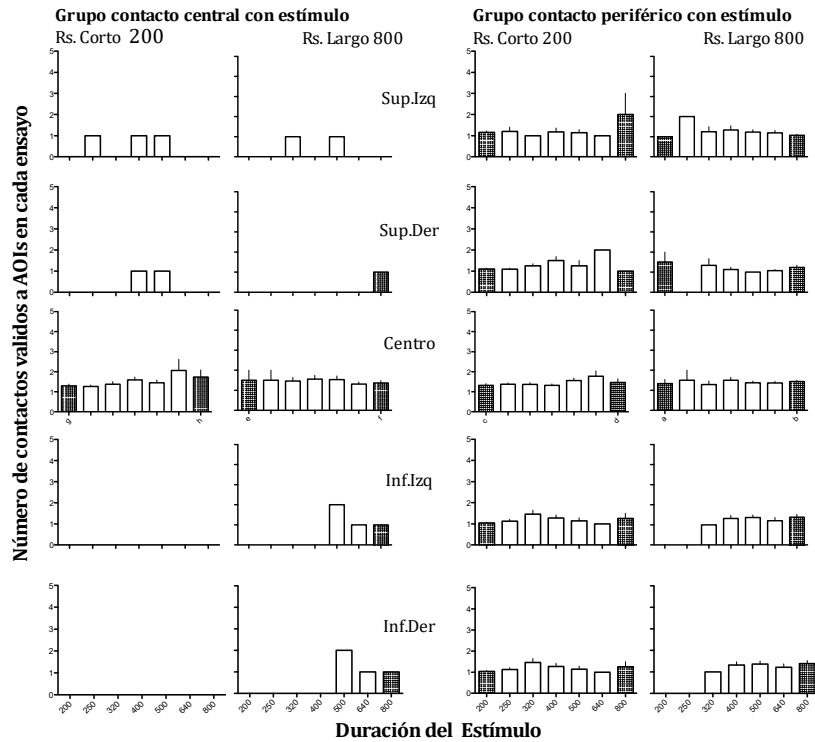


Figura 20. Número de contactos válidos a AdI de los 2 grupos. Media \pm ESM; N=15.

La figura 20. Muestra el número de contactos válidos (que cumplen los requisitos de latencia, duración y contacto con AdI) con alguna AdI para ambos grupos, como se puede observar, por lo general hay un solo contacto que se restringe al AdI central en el caso del grupo de contacto central; también hay un solo contacto que se presenta a todas las AdIs del grupo contacto periférico. El número de contactos válidos para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas, tomando en cuenta las respuestas correctas a los estímulos extremos.

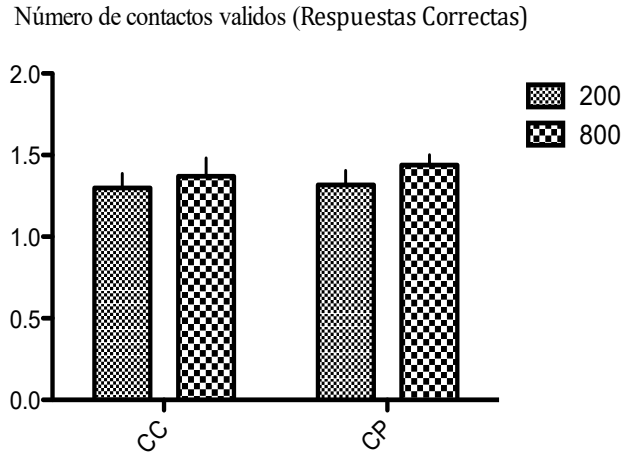


Figura 21. Número de contactos validos. (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [F(1,28)=0.4802, p=0.037], pero no entre los grupos [F(1,28)=0.136, p=0.716] ni en la interacción [F(1,28)=0.319, p=0.577]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, para la comparación del diámetro pupilar, en el caso del grupo Contacto Periférico encontró diferencias entre las duraciones de 200 y 800 ms [p=0.061].

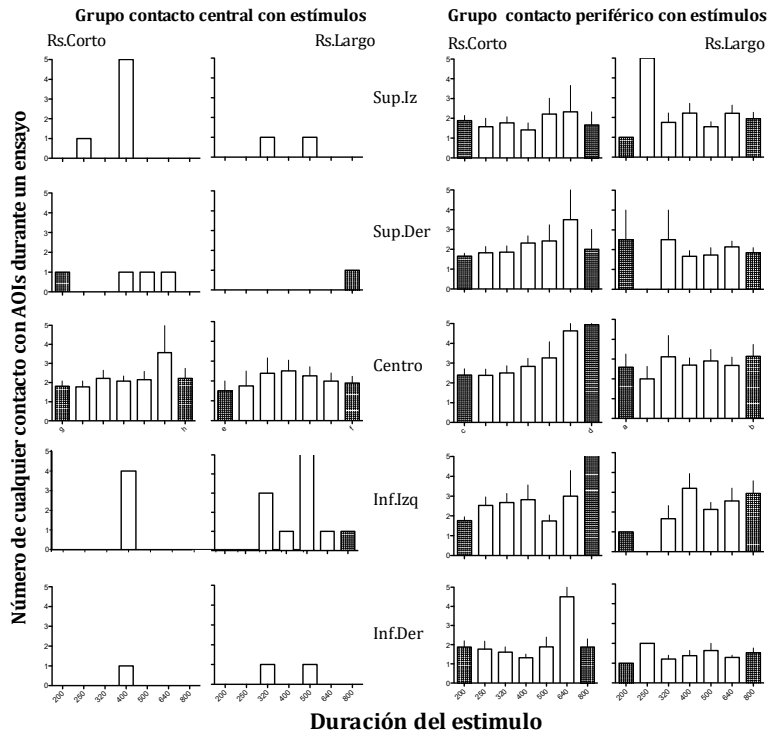


Figura 22. Número de cualquier contacto con AdI de los 2 grupos. Media \pm ESM; N=15.

Con objeto de determinar si el aplicar los criterios generaba la exclusión de los contactos a las diferentes AdIs, se contaron y graficaron (Figura 22) todos los contactos a cada AdI sin considerar si contaban con una latencia o duración específicas. Como puede observarse, el grupo de contacto central realiza varios contactos al AdI central pero muy pocos a otras AdIs; en cambio, el grupo de contacto periférico tiene varias visitas que se distribuyen entre todas las AdIs. Es decir, ambos grupos movían los ojos realizando sácadas, pero solo en el caso del grupo periférico las sácadas eran de tal magnitud (y duración) que alcanzaban a tocar las otras AdIs. Como en casos previos el número de cualquier contacto con AdI durante un ensayo para cada estímulo (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas tomando en cuenta solo las respuestas correctas a las duraciones extremas.

Número de cualquier contacto validos (Respuestas Correctas)

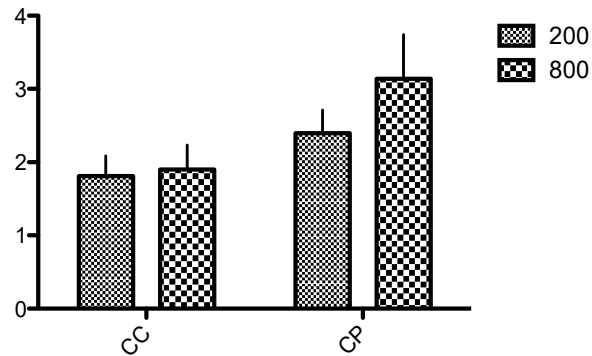


Figura 23. Número de cualquier contacto valido. (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM;N=15.

El ANOVA de dos vías encontró efectos significativos en la duración [F(1,28)=5.954,p=0.021], pero no entre los grupos [F(1,28)=2.783, p=0.106] ni en la interacción [F(1,28)=3.684, p=0.065]. La prueba *post hoc* de Bonferroni, indicó diferencias en el grupo contacto periférico entre las condiciones de 200 y 800 ms [p=0.005].

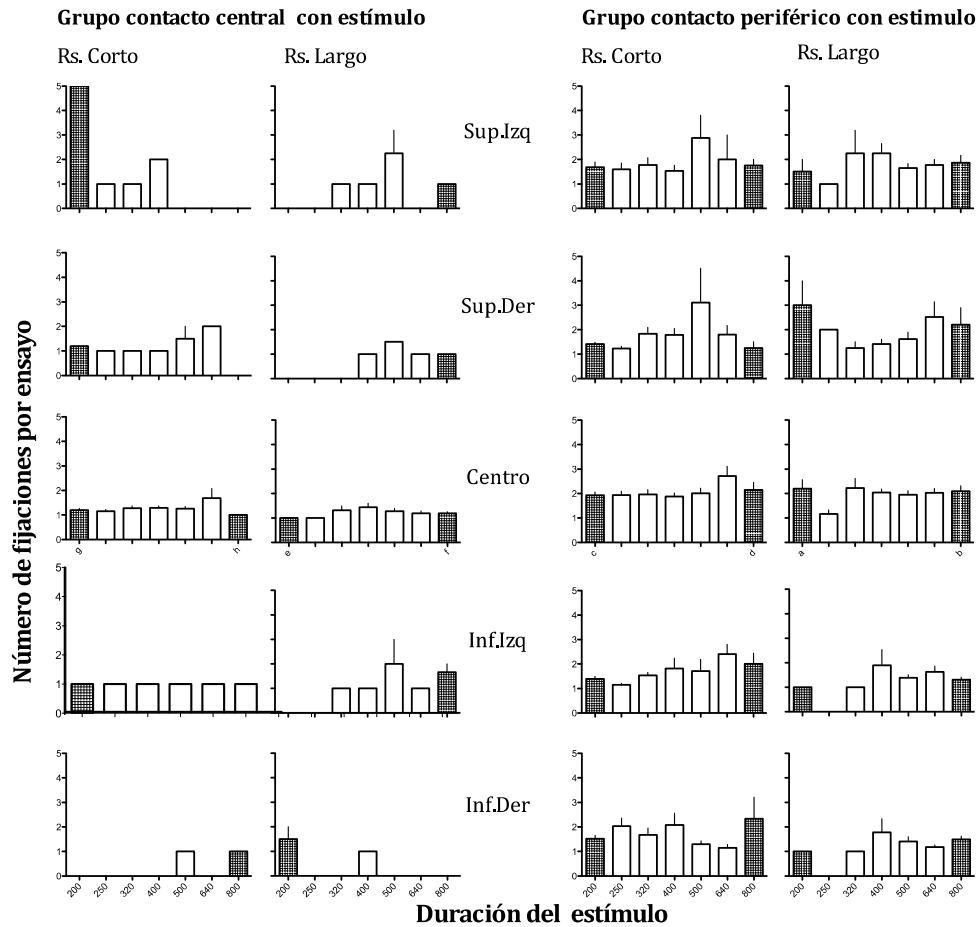


Figura 24. Número de contactos validos a AdI de los 2 grupos. Media \pm ESM; N=15.

Como en la figura 24 se detectó que los sujetos realizaban algunos contactos con las diferentes AdIs (central o periféricas) fue de interés determinar si ampliando la definición de ADI aumentaba el número de contactos (de todo tipo, validos o no) que los sujetos realizaban por ensayo; es decir, la nueva definición excluye el ADI central, pero incluye en la definición de ADI periférica el trayecto hacia esa área. La Figura 24 muestra el número de estas fijaciones por ensayo. Como puede observarse el grupo de contacto central lograba un contacto con las AdIs, pero el grupo periférico lograba frecuentemente más de un contacto con las AdIs. Para el análisis estadístico consideró solo el número de fijaciones (corto y largo) de los grupos contacto central y contacto periférico de las duraciones extremas fueron analizadas tomando en cuenta las respuestas correctas.

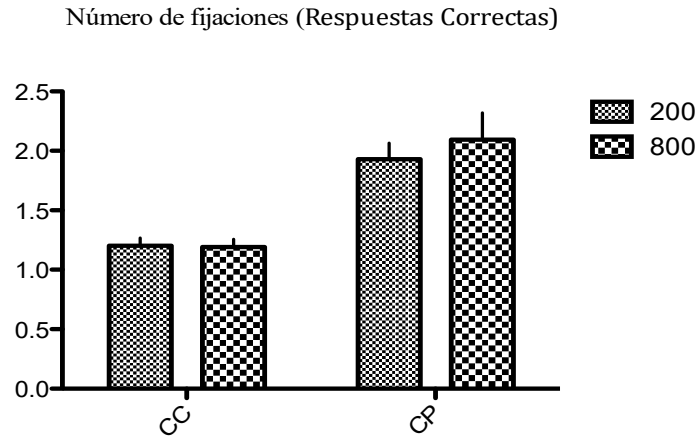


Figura 25. Número de fijaciones (respuestas correctas) de los grupos contacto central y contacto periférico. Media \pm ESM; N=15.

El ANOVA de dos vías no encontró efectos significativos en la duración [$F(1,28)=1.179$ $p=0.287$] ni en la interacción [$F(1,28)=1.517$, $p=0.228$]. Sin embargo, encontró diferencias en el factor grupos [$F(1,28)=19.653$, $p=0.001$]. La prueba *post hoc* de Bonferroni para la comparación de los grupos cuando se confrontaron con estímulos de 200 ms indicó una diferencia significativa entre el grupo Contacto Central respecto al grupo Contacto Periférico ($P=0.001$); así mismo, se observaron diferencias cuando fueron confrontados con estímulos de duración de 800 ms [$p=0.001$].

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue analizar el proceso cognitivo de la estimación temporal evaluando los recursos atencionales visuales mientras ejecutan una tarea que requiere la estimación de la duración de intervalos de tiempo. Así se pudo observar que los sujetos muestran dos estrategias al realizar la tarea de estimación temporal: En primer lugar, los sujetos del grupo contacto central no parecen mover sus ojos de esta área; parece que realizan mejor la tarea que el grupo contacto periférico ya que sus puntos de bisección y los índices de discriminación muestran que son más sensibles. Esto puede deberse a que concentran más tiempo en un área determinada y solo detectan la aparición o desaparición de los estímulos. Los sujetos del grupo contacto periférico tienen más movimiento a todas las AdIs, lo que podría hacerles perder tiempo para lograr una estimación similar al grupo de contacto central, ya que regresan varias veces a la zona central y hacen una exploración por toda la pantalla, aun así también pudieron realizar correctamente la tarea de estimación temporal.

Esto podría tener más sentido, ya que desde el nacimiento nuestro sistema visual comienza a prepararse para un eficiente desarrollo del análisis de las escenas visuales. Antes del mes de edad, el área V1 se ha desarrollado lo suficiente como para permitir la fijación. Sin embargo, a partir del mes de edad y hasta los 4 meses, los infantes son incapaces de dejar de mirar a los estímulos sobre los cuales han fijado, su vista en particular cuando estos incluyen contornos altamente contrastantes. Esta mirada obligatoria comienza a disminuir alrededor de los 4 meses de edad, y hacia los 6 meses de edad los infantes son capaces de controlar la orientación de su mirada al grado de mostrar de manera consistente una preferencia por mirar un objeto novedoso o una localización visual novedosa, una tendencia denominada inhibición de retorno (Posner y Raichle, 1994).

Hay otro tipo de mecanismo ocular llamado fijación, el cual ocurre cuando el sujeto mantiene el foco de la fovea en un objeto para así poder obtener una imagen en alta resolución de los detalles importantes. De esta manera nuestros participantes del grupo contacto central se mantuvieron en esta área mostrando que su foco atencional se mantuvo constante en el área central. Aparentemente convirtieron la tarea en una detección de estímulos con áreas extra foveales. Generalmente cuando un sujeto recibe

un estímulo visual empieza a rastrear la escena, haciendo fijaciones en los detalles y realizando movimientos sacádicos entre los distintos puntos de fijación, mismos que realizaron los sujetos del grupo contacto periférico pero no el grupo de contacto central. Así mismo, si la atención visual fuera considerada en término de “que” y “donde”, es decir, “donde” están los objetos destacados en una escena (observada a través de la visión parafoveal) y “que” son esos objetos destacados (a través de la visión foveal), sería normal considerar que los movimientos oculares trabajan de modo que apoyen la hipótesis de atención dual. Esto significa que la visión trabaja en un proceso cíclico compuesto de los siguientes pasos:

- Dada una escena como estímulo, el encuadre completo es visto a través de la visión periférica y, por lo mismo, en baja resolución mayormente. En este paso los componentes más interesantes de la escena “destacan” o “aparecen” en el campo visual y atraen la atención hacia esa ubicación en particular para así poder realizar una inspección más detallada.
- La visión foveal es desacoplada de la atención y los ojos se mueven hacia la región donde fue atraída la atención.
- Después de que los ojos son apuntados hacia el área de interés, la fovea es dirigida hacia la región de interés y la atención es centrada en ese punto para así poder percibirlo en alta resolución.

Este tipo de atención visual representa un enfoque del tipo “bottom-up”, esto significa que las áreas interesantes de un estímulo visual, o en este caso una escena visual, atraen suficientemente la atención para prevenir mirar el resto de la escena. Por otra parte, un enfoque “top-down” es dirigido por otros tipos de factores cognitivos tales como conocimientos, expectativas, objetos, etc. Bajo este modelo, los sujetos están más predispuestos a mirar alrededor usando su visión periférica. (Frintrop, 2010).

El modelo de (Zacay y Block, 1996) sobre la puerta atencional, menciona que la percepción de intervalos de procesamiento necesita de recursos como la atención sostenida, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. Entré más largos sean los intervalos de comparación el acumulador se llena de pulsos y es más difícil la retención de estos. Esto probablemente fue uno de los mecanismos usados por los participantes de este estudio; para afirmarlo contundentemente se necesita

más investigación para la verificación de estas hipótesis ya que existen pocos experimentos en el área. Como se puede mostrar en las figuras anteriores hemos descrito que la latencia de respuesta fue mayor en ensayos difíciles (duraciones cerca del punto de bisección) o cuando cometían un error (por ejemplo, al elegir "corto" después de un estímulo de 800 ms, o elegir un estímulo de mayor duración cuando en realidad la duración del estímulo estaba cercana a los 200 ms). El tiempo medio de visita de los ensayos aumentó en función de la duración del estímulo, pero en el grupo contacto periférico con el estímulo el aumento se relacionó con un incremento en la frecuencia de visitas, mientras que en el grupo de contacto central el aumento se debe, principalmente al incremento en la duración de la primera vista. Este efecto que puede ser consistente con la acumulación de información visual a través de fijaciones (Pertzov, 2009). El diámetro de la pupila tendió a aumentar durante discriminaciones difíciles, un efecto consistente con publicaciones anteriores (Steinhauer, 2004). Además, los resultados actuales muestran que los sujetos del grupo contacto central realizaron movimientos oculares en la ubicación central, pero que estos movimientos no se quedaron por tiempo suficiente (o fueron de amplitud suficiente) a una ADI en particular. En cambio, el grupo contacto periférico con el estímulo hizo una mirada constante hacia todas las ADIs y permaneció por más tiempo en una ADI diferentes a la ADI central, confluyendo posteriormente en la ADI central. Estas observaciones sugieren que la tarea de bisección se convirtió en una tarea de detección por los sujetos del grupo contacto central con el estímulo. Ellos pueden estar usando la visión periférica para detectar el estímulo más que una visión foveal y aún así poder realizar correctamente la estimación temporal. Hay algunos reportes que registran movimientos oculares durante tareas de coste beneficio y algunas otras tareas (Bonato y Priftis, 2008; Mitra y Abegg, 2010); sin embargo, hasta donde sabemos no hay descripción previa de los movimientos oculares y diámetro de la pupila mientras los sujetos realizan una tarea de discriminación de tiempo (bisección temporal con una tarea visual). Es necesario continuar con un estudio exhaustivo de la estimación temporal en la modalidad visual. Desde el punto de vista funcional la visión puede ser dividida en central o directa y periférica, correspondiendo a una agudeza visual de un cuerpo en movimiento; además, en términos generales, el contacto visual es mayor en las zonas superiores que en las inferiores.

Conclusión

Este estudio, mostró que puede ser un referente para subsecuentes investigaciones en estimación temporal ya que, la literatura hasta este momento no tiene un estudio de como los individuos pueden resolver una tarea visual y estimar el tiempo, de manera simultánea, lo que da pie a muchas preguntas para subsiguientes investigaciones. Lo que podemos concluir es que se necesitan más estudios; por nuestra parte creemos que necesitamos controlar algunas variables como es la fijación de la cabeza de los sujetos y hacer un registro de microsacadas, para poder saber con más precisión cuales son estas estrategias atencionales que los sujetos utilizan para resolver una tarea visual. De esta forma podemos concluir por nuestros resultados que los sujetos parecen realizar dos estrategias atencionales muy importantes: en el grupo contacto periférico pueden mostrar una mayor frecuencia de estancia en la parte superior y van disminuyendo para las zonas inferiores; para el grupo contacto central que mostró una mejor sensibilidad en sus índices y fracción de Weber concluimos que estos sujetos preferían no salir de la zona central para no perder detalles que les pudieran interferir con la estima de los intervalos de tiempo con una mejor precisión, a diferencia del grupo contacto periférico que prefirió hacer un recorrido por todas las áreas para tener un mejor control del estímulo y evaluar todas sus cualidades. Así podemos concluir que el sistema visual logra realizar algunas compensaciones importantes y como se ha mencionado en mucha bibliografía, los movimientos oculares y los movimientos atencionales, parecen cumplir diferentes funciones que hasta el momento no han sido completamente estudiadas.

Referencias

- Allan LG. (2002). "Are the Referents Remembered in Temporal Bisection?". *Learning and Motivation*. (33), 10–31.
- Allan LG. Gibbon J. (1991). Human bisection at the geometric mean. *Learning and Motivation*. (22), 39–58.
- Ardila A. (1980). *Psicología de la percepción*. México; Editorial Trillas. 1- 423.
- Aivar P. Gómez L, Maiche A, Moreno A, Travieso D. (2011). Sistemas sensoriales y Motores. En *Psicología Fisiológica*. Barcelona E. D. Redolar (coord.) ; UOC.
- Blanco RM.(1996). *Psicofísica*. Universitas. Madrid. pp 556.
- Barker RA. Barasi S. (2001). *Neurociencia en esquemas*. 3ra edición. Buenos Aires;
- Bradley, Brendan P, Mogg, Karin and Millar, Neil H.(2000). Covert and overt orienting of attention to emotional faces in anxiety. *Cognition and Emotion*. (6), 789-808.
- Bonato M, Priftis K, Marenzi R, Zorzi M. (2008). Modulation of hemispatial neglect by directional and numerical cues in the line bisection task. *Neuropsychologia*. (46), 426–433.
- Brown SW.(1985). Time perception and attention: the effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception and Psychophysics*.(38), 115-124.
- Bounomano DV, Laje R. Population clocks: Motor timing with neural dynamics. *Trends in cognitive science*.(12),520-527.
- Buhusi CV, MeckWH. (2005). What makes us tick?. Functional and neuronal mechanisms of interval timing. *Nature. Reviews. Neuroscience*. (10), 755-765.
- Carlson N. (2014). *Fisiología de la conducta*. (11ed.). Madrid: Pearson.
- Castellanos EH, Charboneau E, Dietrich MS, ParkS, Bradley BP, Mogg K, Cowan RL.(2009). Obese adults have visual attention bias for food cue images: evidence for altered reward system function. *International. Journal of Obesity*.(9), 1063-1073.
- Cabestrero R, Crespo A, Quiros P. (2009). Pupillary dilation as an index of task demands. *Percept. Mot. Skills* (109), 664–678.
- Cheal, M, Lyon DR. (1991). Importance of pre-cue location in directing attention. *Acta Psychologica*. (3), 201-211.
- Church RM, Gibbon J. (1982). Temporal generalization. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Process*.(2), 165-86.

Colegate RL, Hoffman JE, Eriksen CW.(1973).Selective encoding from multielement visual displays. *Perception and Psychophysics*.(14),217-224.

Cordes S, King AP, Gallistel CR. (2007): Time left in the mouse. *Behavioural Processes*. (74),142-51.

Correa A, LupianezJ, Tudela P. (2006).La percepción del tiempo: una revisión desde la neurocienciaconitiva. *Cognitiva*, (2), 145-168.

Eagleman DM, Tse PU. (2005).Time and the brain: how subjective time relates to neural time.*TheJournal of neuroscience*. (45). 10369-10371.

Eriksen, CW, JamesJD. (1986). Visual attention withinand around the fieldoffocal attention: A zoom lens model. *Perception &Psychophysics*.(40),225–240.

Ferrara A, Lejeune H, Wearden, JH.(1997).Changing sensitivity to duration in human scalar timing: an experiment, a review, and some possible explanations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. (3), 217–237.

Fetterman JG, Killeen PR, Hall S.(1988). Watching the clock. *Behavioral Processes*. (2) 211- 224.

Finlay D. (1982). Motion perception in the peripheral visual field.*Perception*.(11), 457-462.

Findlay JM, Gilchrist ID. (1998).Eye guidance in during visual search. In.G. Underwood, Ed. *Eye guidance in reading and scene perception*.Elsevier, Amsterdam. 295-312.

Frintrop S, Rome E, Henrik I. Christensen. (2010). Computational visual attention systems and their cognitive foundations: A survey. *ACM Trans. Appl. Percept*. (1). 1-6.

Fuentes MJ. Sevilla. GJ.(2008). *Manual de psicología de la atención: Una perspectiva neurocientífica*. Editorial Síntesis.pp.208

Gallistel CR, Gibbon J. (2000). Time, rate, and classical conditioning.*Psychological Review*, Vol. 107, pp.289-344.

Gibbon J, Malapani C, Corby LD, Gallistel CR.(1997). Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Neurobiol*. (7),170-184.

Gibbon J. (1977).Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing.*Psychological Review* (84), 279-325.

Gibbon J, Church RM, Meck WH.(1984). Scalar timing in memory.*Annals of the New York Academy of Sciences*. (423), 52-77.

Gibbon J. (1991). Origins of scalar timing. *Learn. Motiv.* (22), 3–38.

Gimeno TP, Cerezuela PG, Crespo A. (2004). Exploración visual y movimientos oculares en conductores con distinta experiencia: Una revisión. *Anales de Psicología*. (1), 127-145.

Grinberg ZJ. (1976). *Nuevos principios de psicología fisiológica*. México. Ed Trillas. 25-46.

Ho MY, Velazquez-Martinez D, Bradshaw CM, Szabadi E. (2002). 5-Hydroxytryptamine and interval timing behavior. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* .(71), 773-785.

Karmarkar UR, Buonomano DV. (2007) Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states. *Neuron*.(53), 427-438.

Killeen PR, Fetterman JG. (1988). A behavioral theory of timing. *Psychological Review*. (2), 274-295.

Leon MI, Shadlen MN. (2003). Representation of time by neurons in the posterior parietal cortex of the macaque. *Neuron*(38), 317-327.

Ling S, Carrasco M. (2006). Sustained and transient covert attention enhance the signal via different contrast response functions. *Vision Research* (46), 1210-1220.

MacKeben M, Nakayama K. (1993). Express attentional shifts. *Vision Res.* Vol. 33,(1), 85-90.

Meck WH (2003). Introduction: The Persistence of Time. In W.H Meck (Ed), *Functional and Neural Mechanisms of interval timing*. (pp.xvii-xli). New York: CRC Press.

Meck WH, Church RM. (1984). Simultaneous temporal processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* vol.10,(1) 1-29.

Mitra AR, Abegg M, Viswanathan J. (2010). Line bisection in simulated homonymous hemianopia. *Neuropsychologia* (48), 1742–1749.

Mogg K, Bradley BP, Field M. (2003). Eye movements to smoking-related pictures in smokers: Relationship between attentional biases and implicit and explicit measures of stimulus valence. *Addiction*. (6), 825–836.

Morrone MC, Ross J, Burr D. (2005). Saccadic eye movements cause compression of time as well as space. *Nature* (8), 950-954.

Pashler, H. (2001). Perception and production of brief durations: Beat-based versus interval-based timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. (27), 485-493.

- Pashler, H. Badgio, P. (1985). Visual attention and stimulus identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.* (11), 105-121.
- Pertsov Y, Avidan G, Zohary E.(2009).Accumulation of visual information across multiple fixations. *Journal of Vision.* (10),1-12.
- Posner M I. (1980).Orienting of attention. *Journal of experimental Psychology.* 3-25.
- Rayner K. (1998). Eye Movements in reading and information processing; 20 years of research. *Psychological Bulletin* (124), 372-422.
- Steinhauer SR, Siegle GJ, Condray R, Pless M.(2004).Sympathetic and parasympathetic innervation of pupillary dilation during sustained processing.*International Journal of Psychophysiology.* (1), 77–86.
- Stubbs DA.(1968).The discrimination of stimulus duration by pigeons. *Journal of Experimental Analysis of Behavior* .(11), 223-238.
- Tse PU, Rivest J, Intriligator, J, Cavanagh P. (2004).Attention and the subjective expansion of time. *Perception and Psychophysics* (7),1171-1189.
- Tseng PH, Carmi R, Cameron IG, Munoz DP, Itti L. (2009). Quantifying center bias of observers in free viewing of dynamic natural scenes. *Journal of Vision.*7).1-16.
- Villate S. Buonanotte CF. (2016). Neurología y percepción de tiempo.*Neurol Arg.* (2).130-137.
- Wearden JH, Denovan L. Fakhri M, Haworth R. (1997). Scalar timing in temporal generalization in humans with longer stimulus durations. *Journal Experimental Psychology .Animal Behaviour Process.*(4),502-11.
- Wearden JH. (2005).The wrong tree: Time perception and time experience in the elderly. En: J Duncan, L Phillips, P McLeod (Eds.). *Measuring the mind: Speed, age,and control.* pp. 137-158. Oxford: UniversityPress.
- Wenzel Amy. (2008). Métodos cognitivos y su aplicación a la investigación clínica. *Manual Moderno.* pp .257
- Yarrow K, Haggard P, Heal R. (2001). Illusory perceptions of space and time preserve cross-saccadic perceptual continuity. *Nature.* (414), 302-305.
- Zakay D, Block RA. (2004).Prospective and retrospective duration judgments: an executive control perspective. *ActaNeurobiol Exp.*(3).319-28.

ANEXO I. AJUSTE DE CURVAS PSICOFISICAS

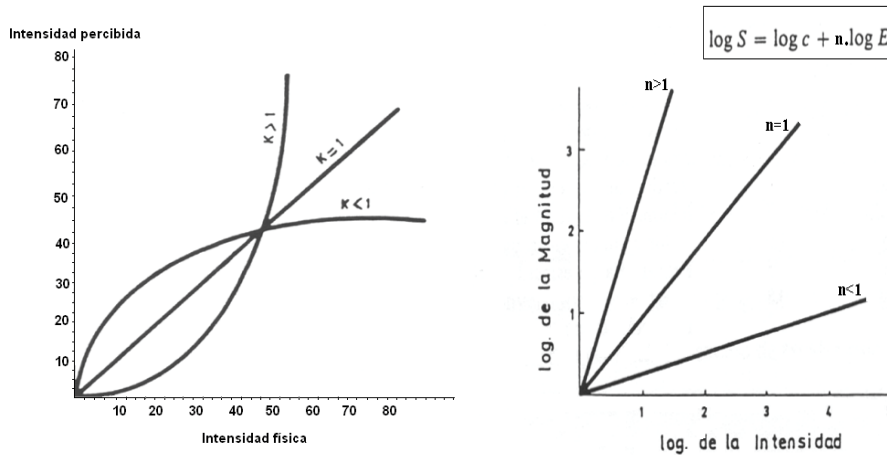


Figura 26-Forma que adopta la función potencial según el valor del exponente k.

La psicofísica ha sido definida como "una parte de la psicología experimental que investiga las correlaciones y regularidades entre la intensidad y la calidad del estímulo, por una parte, y la percepción y los juicios acerca de ella, por otra; es decir, investiga la los juicios que forma el organismo acerca de estas percepciones" (Mankeliunas, 1980). Los métodos psicofísicos representan un vehículo de investigación, de manera precisa, que permite cuantificar cuatro tipos básicos de comportamientos perceptivos: la detección, la discriminación, el reconocimiento y la estimación (Day, 1969).

Desde que en 1860 Fechner publicase "Los elementos de la Psicofísica", se venían aplicando los métodos de la Psicofísica clásica en experimentación sobre la sensorialidad. Los resultados de estas investigaciones mostraban que la función lineal propuesta por Weber ($\Delta E = k \cdot E$) no siempre ajustaba bien a los datos. Particularmente, para valores extremos de la intensidad del estímulo (o muy pequeños o muy grandes). Por otra parte, tampoco ajustaba a los datos recolectados en todos los experimentos, de modo adecuado, la función logarítmica propuesta por Fechner [$S = k - \log (E)$]. Por esta razón, a mediados del siglo XX, un psicofísico norteamericano, S.S. Stevens, propuso una ley psicofísica alternativa, según la cual la ecuación fundamental de la psicofísica debía corresponder con la función potencial $y = x^k$ (que no debe confundirse con la función potencial: $y = ax$, ya que esta es un caso particular de la primera).

Es sabido que la función potencial puede adoptar tres posibles formas, dependiendo del valor del exponente (k , que es constante para una propiedad sensorial concreta). Estas formas de curva diferenciadas son:

- 1) Cuando $k < 1$, la forma de la función es similar a la de la función logarítmica.
- 2) Cuando $k = 1$, la forma de la función es similar a la de la función identidad (lineal).
- 3) Cuando $k > 1$, la forma de la función es similar a la de la función exponencial.

Y la forma de estas funciones sugieren que tanto la función de Weber (función lineal) como la función de Fechner (logarítmica) constituyen casos particulares de una Ley General de la Psicofísica, (Ley Potencial de Stevens). Han alcanzado mayor estatus científico en psicología; puesto que se cumple para otros sistemas sensoriales (visión, tacto), así como para otras propiedades del estímulo dentro de una misma modalidad sensorial (intensidad, claridad, etc.). La psicofísica directa de Stevens sustituye a la psicofísica indirecta de Fechner, en la que se relacionan sensaciones con la intensidad del estímulo; mientras que Stevens parte de las apreciaciones subjetivas para llegar a construir escalas de estimación. Por consiguiente, "los métodos directos de Stevens se basan en la capacidad del sujeto de emitir juicios sobre la magnitud de las sensaciones que experimentan. Estos juicios son, inmediatamente, convertidos en medida de la magnitud sensorial" (Tudela, 1981).

Para encontrar la relación funcional entre la variable física y la variable psicológica se recurre al ajuste de la función psicofísica, empíricamente obtenida, a una función rectilínea. Para ello se calcula la recta de regresión por el método de mínimos cuadrados: La pendiente de la recta de regresión expresa la sensibilidad, finura de los ajustes producidos por los sujetos a los valores reales demandados en las condiciones experimentales. (Aznar, 2009).

El supuesto central de la psicofísica de que existe un umbral sensorial que se distribuye normalmente lleva a predecir una función psicométrica que es una curva en forma de ojiva o S alargada. La relación que existe entre una función de densidad de probabilidad normal (curva de Gauss). Es que cada punto de la función de la distribución de una variable X representa la probabilidad (acumulada) de que esa variable sea igual o menor que cada uno de los valores específicos que puede adoptar, o sea $P(X \leq x)$. Por estadística, sabemos que cualquier distribución normal de media μ y varianza σ^2 , $N(\mu, \sigma^2)$, puede transformarse fácilmente en otra distribución normal de media cero y varianza 1, $N(0,1)$, se llama distribución normal tipificada o estandarizada. Su función de densidad de probabilidad es la siguiente.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Esta transformación de la distribución normal es muy importante pues, simplifica mucho los cálculos matemáticos. Se simplifica mucho al hacer la transformación; la curva en forma de S alargada se convierte en una recta. En la psicofísica clásica, esta transformación era muy empleada como paso previo para estimar los umbrales sensoriales. Aunque existen diversos procedimientos matemáticos para tal estimación, el que parecía más justificado, desde un punto de vista teórico, consistía en ajustar la función psicométrica a la función de distribución normal. Para simplificar este ajuste, se transformaba la función psicométrica original a una recta, lo cual se conseguía transformando previamente las probabilidades de respuesta a puntuaciones z. Esta función psicométrica transformada se llama función psicométrica normalizada. (Blanco.1996)

ANEXO II. MODELOS DE ESTIMACION TEMPORAL

Se han propuesto varios modelos que sugieren la existencia de un mecanismo de reloj; y diferentes aspectos como la atención, memoria, toma de decisión y reforzamiento, por mencionar algunos que han, sido valorados para explicar, como es que los organismos son capaces de llevar a cabo el mecanismo de estimación de tiempo. Dichos modelos, han retomado mucho el Modelo de expectancia escalar, SET, propuesto por **(Gibbon, Church & Meck 1984)**. Y han intentado dar una explicación de diversos aspectos de la conducta. A continuación se explicara brevemente cada uno de ellos.

- **Modelo de puerta atencional (Zakay & Block 1996)**. Este modelo consiste en un mecanismo cognitivo que está controlado por la asignación de recursos atencionales; cuanta más atención se asigne al proceso de estimación de tiempo, la compuerta se abre más o con mayor frecuencia permitiendo un mayor almacenamiento de pulsos desde el marcapasos al acumulador; el juicio sobre la duración de un intervalo, se basa en la cantidad de pulsos acumulados en el contador, debido a la competencia de recursos atencionales la compuerta, se estrecha y permite la acumulación de un menor número de pulsos, afectando la estimación por la atención que se preste al estímulo.
- **Modelo de aprendizaje del tiempo (Machado & Keen 1997)**: también conocida como **(Learning to time) LeT**. Este modelo propone el establecimiento asociativo entre los estados conductuales activados por el reforzador y la respuesta operante, mediadas por el reforzador y la extinción. Una predicción que se deriva de LeT se refiere a la trayectoria que seguirá el aprendizaje, en un programa de intervalo fijo. Básicamente, estipula que ha una probabilidad constante para que un organismo cambie un estado de conducta.
- **La teoría comportamental de la estimación temporal (Killen & Fetterman 1998)**: también conocida como **(behavioral theory of timing) BeT**. Esta teoría consiste en que los animales son capaces de mantener registros de la duración de intervalos a partir de su paso por distintos estados conductuales discretos.

- **Modelo de Escalas de Tiempo Múltiple 1999).** Propone que el procesamiento de los estímulos temporales se realiza a través de huellas generadas en la memoria a corto plazo como estímulos discriminativos. Donde el decaimiento de la fuerza o huella del estímulo depende de la discriminación entre el tiempo recordado y el tiempo actual.

- **Cronometraje Motor (Tapping).** Es una tarea para el estudio de la estimación temporal llamada de producción temporal, golpeteo, o cronometraje motor. Los participantes escuchan series de tonos a una tasa o ritmo determinado y deben reproducir dichos ritmos golpeando un botón. Los participantes estiman duraciones de diversos intervalos, y dan un golpe por cada uno de estos intervalos, (Rammsayer y Ulrich, 2005). Para determinar la precisión del mecanismo de cronometraje es importante analizar el grado de ajuste del promedio general de todas las estimaciones con respecto al intervalo.

- **Modelo de Red Neuronal. (Lake & Buonomano, 2010).** Este modelo propone que son los circuitos neuronales los encargados de procesar el tiempo, siendo un modelo de procesamiento distribuido e integral que no depende de un solo reloj, sino más bien de la red neuronal. **Arreglo designado (Labeled line).** En este modelo se cree que existe un arreglo de neuronas de respuesta intervalo-específica. Que responden de manera selectiva a un intervalo: las propiedades que resultan de importancia para este sistema son: osciladores, reacciones bioquímicas lentas, corrientes intrínsecas resultado de respuestas retrasadas y umbrales celulares combinados, con una tasa constante de integración sináptica. (Buonomano, Laje 2010).

- **La teoría de resonancia adaptativa. (Adaptative Resonance Theory).** Incluye tres sub sistemas: atencional, de orientación y de comparación. La teoría incluye un componente espectral de temporalización postulado en la región CA3 del hipocampo, que envía como señal de salida al cerebelo. (Grossberg, 1996).

- **La teoría de la frecuencia rítmica estriatal.** Según esta teoría neuronas corticales y talámicas emiten pulsos oscilatorios periódicos, a distintas frecuencias que llegan a neuronas del estriado; cuando se pide a un paciente que recuerde un segmento de tiempo, la dopamina liberada del área tegmental ventral resetea las oscilaciones corticales y la sustancia nigrapars compacta, libera también dopamina, la cual modula las conexiones sinápticas que llegan a las neuronas estriatales. Finalmente las neuronas estriatales envían información al tálamo y la corteza a través de vías dopaminérgicas directas e indirectas, para modificar la velocidad del reloj. (Allman 2012).

- **El Modelo Klepsydra.** Una teoría reciente basada en modelos intrínsecos estipula que la capacidad de medición de intervalos de tiempo se basa en procesos de flujo de entrada y salida, cuyos estados se comparan continuamente, Klepsydra (del griego reloj de agua), constituye un modelo psicofísico que intenta fundamentar el acortamiento subjetivo del paso de tiempo. Consiste en acumuladores, donde se almacenaría el tiempo en forma de agua, y que mientras se censa un segmento se van llenando a medida que también va perdiendo agua en forma constante (fuga). Los acumuladores son cilindros que miden el segmento de tiempo en relación con la altura a la cual llega el agua almacenada. Estos tienen una entrada de agua y una salida de menor calibre que produce la fuga. Al compararse 2 segmentos, se compara la altura del contenedor 1 con el 2, teniendo como premisa que el acumulador 1 se va acortando progresivamente (fuga) y puede tener menor altura al momento de llegada del acumulador 2. (Wittmann 2013).

ANEXO 3. SISTEMA VISUAL

El circuito neuronal básico de la retina está compuesto por cinco tipos celulares básicos; los fotorreceptores que hacen contacto sináptico con las células bipolares (de las cuales hay varios subtipos) y también con células horizontales cuyas prolongaciones se extienden lateralmente por la capa plexiforme externa. Las células bipolares, a su vez, hacen contacto sináptico con las neuronas ganglionares retinianas y con las células amacrinas, cuyas prolongaciones se extienden lateralmente por la capa plexiforme interna y hacen contacto, a su vez, con las células ganglionares retinianas. Tanto las células horizontales como las amacrinas integran horizontalmente la información y son muy importantes en la formación de los campos receptivos de las células ganglionares.

Hay más de 20 subtipos de células amacrinas descritas con diferentes propiedades fisiológicas y diferentes patrones de conectividad. El campo sensorial de una célula ganglionar se define, como el área de la retina que al ser excitada en cualquier punto determina la descarga de esa neurona. El campo sensorial mide entre 0.125 y 2 mm de diámetro en la región de la fovea y crece hacia la periferia. Hay dos tipos básicos de campos sensoriales, Estos son las células ganglionares que se conocen, como de centro encendido y periferia apagada (células on-off). También existen aquellas en las que el patrón es inverso; es decir disminuyen la tasa de descarga cuando se estimula en el centro del campo receptivo y aumentan su respuesta si se estimula la periferia. Estas células son las que se denominan de centro apagado y periferia encendida (células off-on). Los campos sensoriales se traslapan unos a otros, por lo que una luz con un diámetro de 0.1mm, activa muchos campos sensoriales, lo que da como resultado que algunas células ganglionares se activen y otras se inhiban. Los mecanismos de integración lateral en los campos receptivos de las células ganglionares retinianas, con efectos antagónicos entre el centro y la periferia, forman parte de lo que se conoce como mecanismos de inhibición lateral. Están presentes en los estadios tempranos de procesamiento de, prácticamente, todas las modalidades sensoriales.

Los mecanismos de inhibición lateral operan detectando y acentuando diferencias locales en el patrón del estímulo. En el caso de la retina, detecta y acentúa los cambios locales de luminancia en la imagen visual, ya que la respuesta de una célula ganglionar retiniana será menor cuando este expuesta a una iluminación homogénea (u oscuridad homogénea) que cuando una parte de su campo receptivo este iluminado y otra parte a oscuras. Por esta razón, se puede decir que estas células actúan como detectores de bordes.

La respuesta de las células ganglionares de la retina ante un estímulo visual consta de una serie de potenciales de acción que se transmiten a través del nervio óptico, a las estructuras centrales del cerebro. Estos patrones neurales de activación dependen, en sus características, del estímulo particular presentado y de los procesos de convergencia e integración que tienen lugar en la retina. Lettvin, et al. (1959) Describieron que las respuestas de las fibras del nervio óptico de la rana no dependen de variaciones en la intensidad de la luz que activa la retina, sino más bien de los patrones locales de activación, encontraron cuatro tipos de fibras, cada uno relacionado con diferentes clases de patrones codificados. Michael. (1986) En la ardilla describió tres tipos generales de fibras, el primero lo constituyen las llamadas unidades sensibles al contraste, tienen campos concéntricos con un centro de encendido (on) y una periferia de apagado (off) o viceversa. Otras fibras son direccionales selectivas, tienen campos concéntricos y responden en forma específica a la dirección del movimiento de un estímulo. La direccionalidad en estas células es probablemente resultado de circuitos de convergencia e inhibición lateral en la retina del animal. El tercer tipo de unidades tienen respuesta de oposición al color, responden en forma específica a la longitud de onda de luz. En el gato, Kuffler (1953) encontró tipos de respuestas, (on), (off) u (on, off.) En las fibras del nervio óptico. El tipo característico depende de la posición de los campos sensoriales activados; Los campos son de forma concéntrica y tienen un diámetro relativamente pequeño en el centro de la retina y mucho más grande en la periferia de la misma. El tamaño de los campos depende del número de receptores que convergen en cada una de las células ganglionares.

En el mono (Hubel y Wiesel 1960), los campos sensoriales de las células ganglionares son concéntricos, con un centro (on) y una periferia (off) o viceversa, el tamaño de los campos es pequeño cerca de la fovea y relativamente grande en la periferia de la retina. Algunas células responden en forma específica a la longitud de onda de luz. (Grinberg, 1976).

La corteza visual primaria, y posiblemente toda la corteza, está organizada funcionalmente en forma columnar. Cada columna cerebral es de 30-100 μm de diámetro y 2mm de profundidad, extendiéndose desde la piamadre a la sustancia blanca. Las neuronas parvo y magnocelulares del núcleo geniculado lateral proyectan por separado a la capa IVc de V1. Las señales provenientes del magnosistema se dirigen a la zona superior de este estrato cortical, llamada IV α mientras que las originadas en el parvosistema proyectan a la zona inferior de (IV β). Los campos periféricos de las neuronas de IV α y IV β son concéntricos, con antagonismo centro- periferia, como en el caso de las células ganglionares retinianas o del cuerpo geniculado lateral. Esta característica se pierde al registrar; Las respuestas eléctricas por arriba o debajo de la capa IVc, lo que indica que la información ha sido procesada para alcanzar un nivel de abstracción mayor. Las células de campos no concéntricos encontradas en todas las capas de V1, con excepción de IVc, pueden dividirse en varios grupos, según posean o no una orientación espacial de la respuesta, o su respuesta sea o no cromática;

- Células simples; de campos receptivos en líneas paralelas, que muestran zonas excitatorias o inhibitorias de una orientación determinada en el campo visual. El eje de orientación es el mismo para todas las neuronas simples de una columna.
- Células complejas; con campos receptivos de orientación determinada, pero que no muestran zonas antagonicas. Muchas de estas células son estimuladas por el movimiento en una dirección determinada; otras por la posición precisa del objeto. Como en el caso de las células simples, el eje de orientación es el mismo para todas las células complejas de una columna dada. Las células complejas se ubican principalmente en la capa IVb. Participan en el análisis del movimiento y otras características complejas de un objeto en el punto del campo visual.

Las columnas que componen VI se ordenan de acuerdo a diversos criterios. Existe un ordenamiento de columnas de acuerdo con el eje de orientación. Cada 30- 100 μm . Se ubica otra columna con características de orientación que difieren unos 10 grados entre sí, formando en conjunto las columnas de orientación. También existe en la corteza visual primaria segregación anatómica para la información proveniente de uno y otro ojo, manteniéndose la separación que aparece en el cuerpo geniculado lateral. Las fibras de las capas 1,4y 6 del geniculado terminan en neuronas de la capa cortical IVc, las cuales se alteran ordenadamente con otras que reciben proyección de las capas 2,3 y 5 del geniculado. A estas columnas se les llama columnas de dominancia ocular.

La corteza visual está compuesta por el área V1 (la corteza estriada), el área V2 y dos vías de la corteza visual de asociación. La vía ventral, que finaliza en la corteza temporal inferior, se relaciona con la percepción de los objetos, por lo tanto, las lesiones de esta región alteran la percepción visual de los objetos. Además, neuronas individuales de la corteza temporal inferior responden mejor a estímulos complejos y continúan haciéndolo incluso si el objeto se desplaza a otra localización, cambia de tamaño, se coloca sobre un fondo diferente o queda parcialmente oculto. La vía dorsal, que acaba en la corteza parietal posterior, se relaciona con la percepción del movimiento, la localización, la atención visual y el control de los movimientos oculares y los de las manos. En la corteza visual existen, al menos, dos docenas de subregiones diferentes, dispuestas jerárquicamente. Cada región analiza una característica particular de la información visual y transfiere los resultados de este análisis a otras regiones de la jerarquía. Sin embargo, cierta información procedente de la corteza de asociación se envía de vuelta a la corteza estriada. Las neuronas de las bandas finas de V2 reciben de los blobs de la corteza estrada (V1) información referente al color, mientras que de las bandas gruesas y las pálidas reciben información sobre la orientación, la frecuencia espacial, el movimiento y la disparidad retiniana, procedente de las regiones interblob de V1. Las neuronas de las bandas pálidas y finas proyectan al área V4, inicio de la vía ventral. (Carlon 2014).