



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**UNA COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES  
PSICOFÍSICAS DE LAS MAGNITUDES DE  
LONGITUD, TIEMPO, CONTRASTE  
ACROMÁTICO Y FRECUENCIA.**

**T E S I S :**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**P R E S E N T A :**

**ANGÉLICA CARRILLO NIETO**



**DIRECTOR DE TESIS: DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ  
SINODALES: DR. GUSTAVO BACHÁ MÉNDEZ  
DR. ÁLVARO TORRES CHÁVEZ  
DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ  
DR. ÓSCAR ZAMORA ARÉVALO**

**MÉXICO, D.F.**

**ABRIL 2015**



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*

¡A mi Universidad! Que me ha dado una formación excepcional, ha impulsado enormemente mi desarrollo profesional y me ha retribuido todo mi esfuerzo.

Al Dr. Florente, gracias por todo su apoyo, atenciones, enseñanza, dirección, asesoría, confianza y disposición, los cuales han trascendido esta investigación y han contribuido ampliamente a mi formación académica.

A mi revisor, el Dr. Álvaro Torres, por su tiempo, interés y observaciones a este trabajo.

Al Dr. Gustavo Bachá y al Dr. Julio Espinosa por el conocimiento y habilidades que promovieron en mí durante los cursos que tomé con ellos, así como el recibimiento, retroalimentación y revisión a este escrito.

Al Dr. Óscar Zamora, por sus anotaciones, tiempo y atención prestada a este trabajo.

A Dios por guiarme en este camino lleno de aprendizaje y crecimiento y darme la fortaleza, ciencia y sensibilidad para llegar hasta dónde estoy.

A mamá, que ha sido mi columna, ejemplo y fuente de amor inagotable. Mami, sin ti no sería quien soy.

A Adri, la hermanita más maravillosa que Dios creo. Gracias por tus risas, consejos, ánimos, apoyo y amor desde siempre y por siempre.

A papá, quien ha sabido reconocer el amor que nos une, crecer con él y disfrutarlo junto conmigo.

A Rocco, Miel, Paul y Gibby, los soles que iluminan mis días y noches de estudio y ensanchan mi corazón con tanto cariño.

A Elba, Andy y Chusi, la parte de mi corazón que me apoya en todas mis decisiones, me fortalece y me ama incondicionalmente.

A Abue Meche y Abue Pedro, que me quieren y escuchan aunque sea la nieta más desesperante que tengan.

A mis amigos, todos ellos, Patty, Jorge, Philip y todos los que se encuentran alrededor del mundo, pues forman parte de mí, me han hecho crecer, me valoran, apoyan y me han permitido darles lo mejor de mí.

A Beto.

A mis padrinos, por compartir mis logros y ofrecerme su ayuda y apoyo.

A mis pacientes y profesores, por la confianza que han depositado en mí y por apreciar las capacidades que tengo.

# ÍNDICE

1. RESUMEN .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
3. MARCO TEÓRICO .....	5
3.1 PSICOFÍSICA .....	5
3.1.1 LA FUNCIÓN PSICOFÍSICA .....	9
3.2 MAGNITUDES NO SENSORIALES .....	10
3.2.1 TIEMPO .....	11
3.2.2 HIPÓTESIS DE UN MECANISMO COMÚN .....	17
3.2.3 LONGITUD .....	21
3.2.4 CONTRASTE ACROMÁTICO .....	22
3.2.5 FRECUENCIA .....	22
3.2.6 COMPARACIONES ENTRE MAGNITUDES .....	24
4. METODOLOGÍA .....	28
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
4.3 HIPÓTESIS .....	29
4.4 TIPO DE ESTUDIO .....	30
4.5 PARTICIPANTES .....	30
4.6 DISEÑO .....	31
4.7 TAREAS .....	33
4.7.1 PROCEDIMIENTO DE BISECCIÓN .....	34
4.7.2 FASE DE PILOTEO .....	35
4.7.3 TIEMPO .....	36
4.7.4 LONGITUD .....	37
4.7.5 FRECUENCIA .....	38
4.7.6 CONTRASTES .....	39
4.8 INSTRUCCIONES .....	40
4.8.1 INSTRUCCIONES VERBALES .....	41
4.8.2 INSTRUCCIONES DEL SOFTWARE .....	42

<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>8. REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>

## 1. RESUMEN

Este experimento comparó la discriminación de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia en función de las cuatro propiedades del principio escalar. Se utilizaron 2 tareas de bisección para cada magnitud. Las funciones psicofísicas de las cuatro magnitudes se superpusieron y el ajuste de las mismas a la función sigmoidea fue adecuado. En segundo lugar, únicamente en la discriminación temporal el umbral diferencial aumentó conforme se incrementaban los valores absolutos. Únicamente para la magnitud de tiempo se identificó que la fracción de Weber permaneció constante cuando las duraciones se incrementaron. Por otra parte, en todas las magnitudes se encontró que el punto de bisección varió conforme a la media de los valores empleados, lo que significa que en todos los casos hubo sensibilidad al rango de valores. Además, se obtuvo evidencia de que en 4 tareas tanto la media aritmética como geométrica describieron bien al punto de bisección, en 3 tareas ninguna media lo hizo y en 1 lo fue la media aritmética.

Los hallazgos son discutidos dentro del marco de la teoría de la estimación temporal escalar e hipótesis recientes sugiriendo que puede existir un mecanismo general de representación de las magnitudes de tipo escalar que involucre un procesamiento de información que presente ciertas diferencias dependiendo de la naturaleza de la magnitud que se esté estimando.

## 2. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha visto un desarrollo notable dentro del área de la psicofísica no sensorial, es decir, el campo que estudia aquellas magnitudes para las que no se cuenta con un sistema sensorial dedicado a su percepción y en consecuencia, estimación.

Particularmente con la investigación de la magnitud temporal, se ha generado un cuerpo de evidencia empírica tanto en animales como en humanos (Church, 2003; Kopec & Brody, 2010; Ortega & López, 2008) que respalda a la Teoría de la Estimación Temporal Escalar de Gibbon. Dicha teoría propone que la estimación de duraciones diferentes es la misma si se grafica bajo la misma escala. De esta forma, todos los valores o duraciones son expresados como una fracción de un tiempo específico, lo que constituye la propiedad escalar.

Esta propiedad escalar, se ha tomado como guía para estudiar la estimación de otras magnitudes diferentes en participantes humanos y sujetos no humanos, tales como: numerosidad, longitud y espacio. Estos estudios se han realizado mediante métodos conductuales: discriminación de bisección (Balci & Gallistel, 2006; Droit-Volet, Clément & Fayol, 2008; Brown, McCormack, Smith & Stewart, 2005, entre otros) y tareas de identificación absoluta (Brown et al., 2005), así como neuropsicológicos (Basso, et al., 1996; Harrington & Haaland, 1999 citados en Walsh, 2003) y neurofisiológicos a través de técnicas de resonancia magnética funcional (Rao, et al., 2001, citado en Walsh, 2003), electroencefalograma (Mohl & Pfurtscheller, 1991, citado en Walsh, 2003), estimulación magnética transcraneana (Bjoertomt, et al., 2002; Walsh & Pascual-Leone, 2003; citados en Walsh, 2003) y tomografías por emisión de positrones (Maquet, et al., 1996 citado en Walsh, 2003).

Los hallazgos que se han obtenido con estos trabajos sustentan la idea de que la discriminación de dichas magnitudes es parecida y se ha propuesto que quizás se comparte un mismo mecanismo de procesamiento de la información entre

todas ellas (Walsh 2003; Droit-Volet et al. 2008; Lourenco & Longo, 2010). Incluso, la evidencia de que el procesamiento temporal, espacial y numérico comparte una activación de la corteza parietal posterior apoya la propuesta de que todas las magnitudes son representadas de manera general en un formato de representación común (Lourenco & Longo, 2010).

Lo anterior sugeriría entonces, que el sistema nervioso central ha establecido una manera de categorizar y representar las magnitudes no sensoriales bajo un mismo mecanismo general (Bueti & Walsh, 2009; Cantlon, Platt, & Brannon; Walsh, 2003) el cual puede basarse en representaciones de tipo escalar (Gallistel & Gelman, 2002).

No obstante, otro conjunto de investigaciones sobre los correlatos neurofisiológicos del procesamiento de magnitudes no sensoriales a través del estudio de lesiones y estimulación magnética transcraneana (Aiello et al., 2012; Dormal, Seron, & Pesenti, 2006; Doricchi, Guariglia, Gasparini, & Tomaiuolo, 2005 citados en Walsh, 2003) ha aportado resultados que indican lo contrario, es decir, que el procesamiento entre magnitudes como tiempo, numerosidad y espacio es independiente uno del otro.

Por otro lado, se ha propuesto una tercera hipótesis sobre un procesamiento parcialmente independiente entre numerosidad, tiempo y espacio (Cappelletti, Chamberlain, Freeman, Kanai, Butterworth, Price & Rees, 2014). Esta hipótesis está basada en interacciones entre magnitudes que se han observado en un número muy reducido de investigaciones. Lo que básicamente se ha encontrado es que los números largos se pueden percibir como más largos de lo real, en cuanto a tamaño o duración, aun cuando hay lesiones cerebrales específicas que afectan el procesamiento de estas magnitudes (Cappelletti et al., 2014).

En resumen, la evidencia con la que se cuenta es insuficiente aún para determinar si existe un procesamiento común para diversas magnitudes, si existen procesamientos específicos para cada una o bien, si los procesamientos son

parcialmente independientes.

En este sentido, se propuso un estudio para analizar la estimación de longitud y tiempo, junto con dos magnitudes que aún no han sido investigadas: contraste acromático y frecuencia. Dicha investigación se realizó por medio del método de bisección, uno de los más utilizados en los trabajos ya existentes sobre tiempo y longitud (Droit-Volet, 2010; Droit-Volet, Clément y Fayol, 2003; Droit-Volet et al., 2008; Ortega y López, 2008, por mencionar algunos). Se compararon las cuatro discriminaciones de bisección con base en los principios de la Teoría de la Estimación Temporal Escalar.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 PSICOFÍSICA

La Psicofísica es el estudio científico de la relación entre las sensaciones en el dominio psicológico y los estímulos en el dominio físico.

Este campo de estudio dio sus primeros pasos a comienzos del siglo XIX con la idea de umbral propuesta por Johann Friedrich Herbart en 1824, quien estableció que los eventos mentales tenían que ser más intensos que una cierta cantidad crítica para poder ser experimentados (Gescheider, 1997).

Posteriormente, Ernst Heinrich Weber fue el primer investigador que realizó una aproximación cuantitativa de las sensaciones. Interesado en estudiar los límites sensoriales de los órganos de los sentidos en los seres humanos, Weber se centró principalmente en tres tipos de sensaciones táctiles: presión, temperatura y ubicación (Brennan, 1999, Álvarez, 1995). Como resultado de estos trabajos, determinó el concepto de umbral diferencial o diferencia apenas perceptible, que definiría como la diferencia detectable más pequeña entre dos estímulos (Álvarez, 1995).

Asimismo, señaló que el tamaño del umbral diferencial guardaba una relación lineal con respecto a la intensidad del estímulo, es decir, que el umbral diferencial ( $\Delta\Phi$ ) es una proporción constante ( $c$ ) de la intensidad inicial del estímulo ( $\Phi$ ), manteniéndose entonces una progresión geométrica (Ecuación 1). A esta proporción se le denominó fracción o constante de Weber, la cual fue considerada como ley debido a que es observable en todas las magnitudes sensoriales y bajo diferentes condiciones del estímulo (Gescheider, 1997).

$$\Delta\Phi = c \Phi \quad \text{o} \quad \Delta\Phi/\Phi = c \quad (1)$$

Donde:

$\Delta\Phi$  = cambio percibido

$c$  = constante de proporcionalidad

$\Phi$  = intensidad del estímulo

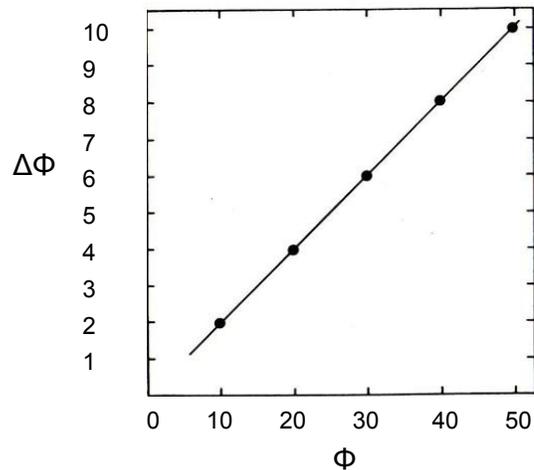


Figura 1. La relación entre  $\Delta\Phi$  y  $\Phi$  de acuerdo a la Ley de Weber. De *Psychophysics. The Fundamentals*. (p. 4) por G. A. Gescheider, 1997.

Otra de las contribuciones principales a la psicofísica la hizo Gustav Theodor Fechner, quien en 1850 enunció que “los incrementos aritméticos en la magnitud sensorial son el resultado de los incrementos geométricos en la intensidad del estímulo” (Gescheider, 1988). Para representar esta relación, desarrolló una ecuación que es conocida bajo el nombre de Ley de Fechner:

$$\Psi = k \log \Phi \quad (2)$$

Donde:

$\Psi$  = magnitud sensorial

$\Phi$  = intensidad del estímulo (sobre el umbral absoluto)

$k$  = constante (valor que depende de la magnitud y modalidad sensoriales)

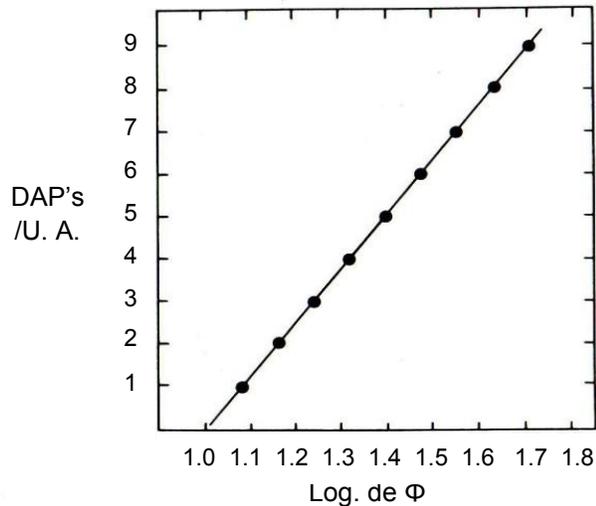


Figura 2. Relación lineal entre la magnitud sensorial representada por el número de diferencias apenas perceptibles (DAP's) sobre el umbral absoluto (U.A.) y el logaritmo de la intensidad del estímulo. De *Psychophysics. The Fundamentals*. (p. 13) por G. A. Gescheider, 1997.

En el siglo siguiente, Stanley Smith Stevens realizó otra aportación fundamental al llegar a la conclusión de que la relación entre la magnitud de la sensación e intensidad del estímulo se describía apropiadamente por medio de una función potencial. Stevens estableció la siguiente ecuación, que más tarde sería denominada Ley de Potencia:

$$\Psi = k \Phi^a \quad (3)$$

Donde:

$\Psi$  = magnitud sensorial

$\Phi$  = intensidad del estímulo

$k$  = constante

$a$  = exponente que depende de la magnitud sensorial y las condiciones del estímulo.

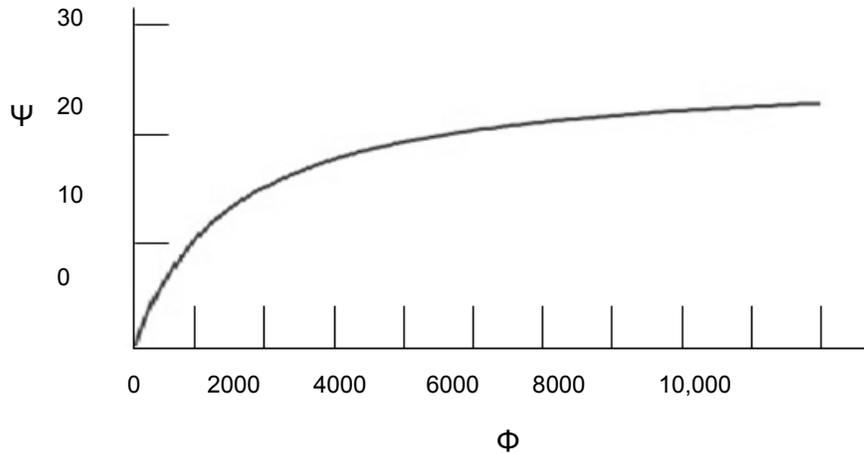


Figura 3. Valores escalares hipotéticos graficados como una función de la intensidad del estímulo. Se observa que el valor del exponente determina la forma de la curva que describe a  $\Psi$  como función de  $\Phi$ . De *Psychophysics. The Fundamentals*. (p. 299) por G. A. Gescheider, 1997.

Como resultado de estos estudios sistematizados de la sensación, la psicofísica fue reconocida como una herramienta para “arrojar luz” hacia los mecanismos de la mente humana, gracias a lo cual jugó un papel clave en el desarrollo de la psicología experimental como ciencia independiente (Gescheider, 1997).

Actualmente, la psicofísica continúa brindando información sobre cómo es que los sujetos procesan la información contenida en su ambiente y en consecuencia, cómo se adaptan a él. Por ello, las cuestiones psicofísicas siguen siendo de gran interés para la psicología moderna (Gescheider, 1997).

### 3.1.1 LA FUNCIÓN PSICOFÍSICA.

Las funciones psicométricas o psicofísicas relacionan la conducta exhibida en una tarea psicofísica (por ejemplo: la proporción de respuestas correctas o la proporción de ensayos percibidos como más brillantes) con alguna característica física del estímulo presentado. Es decir, las funciones se incrementan desde una probabilidad cercana a 0.0 hasta una aproximada a 1.0 conforme aumenta alguna propiedad del estímulo presentado (brillo, intensidad, duración, longitud, etc.). En la mayoría de las ocasiones, las funciones psicofísicas siguen una forma de “S”, denominada ojiva y se utilizan para determinar uno o más parámetros que resumen la conducta (Kingdom & Prins, 2010).

En el caso del método de bisección hay varios indicadores que pueden obtenerse a partir de la función psicofísica (Figura 4). El procedimiento de bisección se describe detalladamente en el apartado de metodología, pero con el fin de explicar la utilidad de la función ojival, puede definirse brevemente como una tarea en la cual el participante es expuesto a dos fases: de entrenamiento, en donde se le presentan estímulos de referencia (uno denominado estímulo “corto” y otro “largo”) y de prueba, en la que debe clasificar como “corto” o “largo” varios estímulos intermedios. Como resultado de este procedimiento, pueden calcularse varios parámetros:

- El punto de igualdad subjetiva (PIS) o punto de bisección, esto es, el valor en el cual el sujeto responde “corto” o “largo” con una probabilidad de .50.
- El umbral diferencial, que es la mitad de la distancia entre el estímulo que es discriminado como “largo” con una probabilidad de .25 y aquél que es clasificado también como “largo” pero con una probabilidad de .75).



duración. En otras palabras, la dimensión temporal permea todos los aspectos de la vida, por lo que su estimación es una tarea con la que el cerebro humano tiene que lidiar constantemente (Kopec & Brody, 2010).

Sin embargo, pese a que se han realizado investigaciones neurobiológicas que han permitido distinguir no sólo los órganos perceptuales, sino los circuitos cerebrales y la actividad cognitiva asociados al procesamiento de cada sistema sensorial, estos estudios no se han podido conducir para tiempo ya que no existe un sistema sensorial específico para su percepción (Kopec & Brody, 2010).

En consecuencia, en las últimas dos décadas se ha desarrollado una gran cantidad de experimentos psicofísicos que han permitido dilucidar algunos de los misterios que guarda la percepción y estimación temporales (Kopec & Brody, 2010).

Aún más, durante la última década se ha ido gestando un interés por la investigación de otras magnitudes no sensoriales, es decir, aquellas propiedades de los eventos o estímulos para las que no se cuenta con un sistema sensorial dedicado a su percepción y en consecuencia, estimación. Dicho interés ha surgido con relación a las magnitudes de numerosidad y tamaño particularmente y ha ido creciendo conforme se han encontrado similitudes entre los juicios de comparación de ambas. No obstante, los estudios comparativos que se han llevado a cabo entre tiempo y numerosidad o tamaño son todavía escasos (Droit-Volet, 2010).

### **3.2.1 PSICOFÍSICA DEL TIEMPO**

El procesamiento de las duraciones de los eventos como un ítem de información per se ha sido investigado dentro del campo de la estimación temporal desde la década de los 60's (Droit-Volet et al., 2008).

Desde entonces, el tiempo se ha convertido en la magnitud no sensorial más estudiada mediante numerosos procedimientos tanto de percepción como de ejecución basados en tareas de elección, producción temporal, bisección, identificación absoluta, generalización, ajuste, etc. Debido a ello, se ha marcado una tendencia distinta en el campo de la psicofísica, dado que éste se constituía principalmente por estudios centrados en magnitudes sensoriales.

Otra consecuencia de estos trabajos ha sido el desarrollo de modelos de un reloj interno basados en la idea de un sistema de generador de pulsos y un acumulador, desde 1963 (Droit-Volet, 2010) para describir cualitativamente el procesamiento de la estimación temporal.

De estos, la propuesta más completa y aceptada es la Teoría de la Estimación Temporal Escalar de Gibbon ya que propone un modelo formal y metafórico de la psicofísica temporal que parece explicar la mayoría de los hallazgos que se tienen hasta el momento. Asimismo, esta teoría es muy útil en la guía e interpretación de los trabajos neuroanatómicos y farmacológicos que se llevan a cabo para identificar los mecanismos neurofisiológicos responsables de las conductas y mecanismos de estimación (Meck, 2003).

El modelo formal de Gibbon postula que la estimación de duraciones diferentes es la misma si se grafica bajo la misma escala. De esta forma, todos los valores o duraciones son expresados como una fracción de un tiempo específico (Wearden, 2004). Esta propiedad escalar, se encuentra en cuatro principios empíricos de la percepción, discriminación y control temporales, así como en dos indicadores: uno para la sensibilidad temporal absoluta por medio del cálculo de los umbrales diferenciales y otro para la sensibilidad relativa, a través de las fracciones de Weber (Fig. 5):

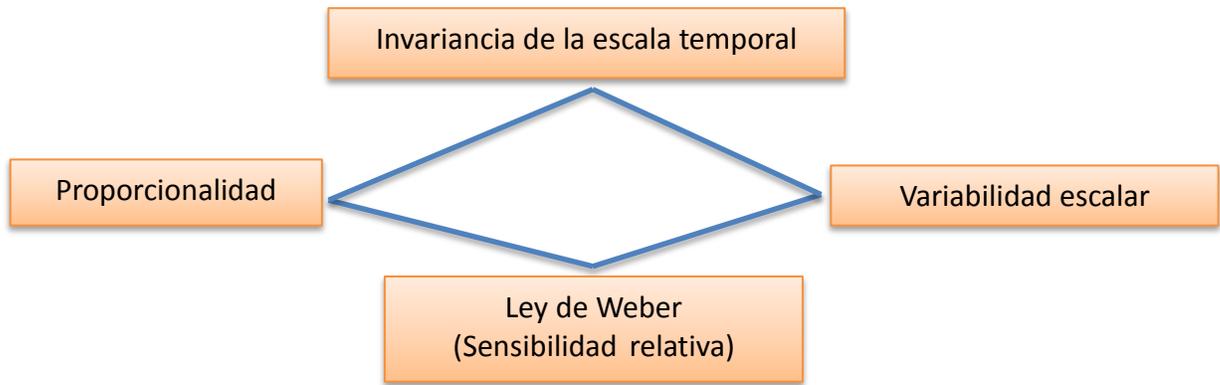


Figura 5. Principios empíricos Teoría de la Estimación Temporal Escalar.

Adaptado de López. 2012.

Estas propiedades se han observado en diferentes especies y con varios procedimientos como el de pico, programas de reforzamiento de intervalo fijo y de bisección (Church, 2003). Dentro del contexto del procedimiento de bisección, estos principios se han descrito de la siguiente manera:

El que se identificó primero, la proporcionalidad, hace referencia a que las medidas de las conductas de estimación temporal parecen ajustarse a proporciones de los intervalos de tiempo, más que a sus valores absolutos (Wearden, 2004). Esta propiedad se observa en el crecimiento aproximadamente lineal del punto de bisección (el punto en el cual las probabilidades de que el sujeto responda “corto” o “largo” son iguales) con respecto a la media geométrica del rango usado (Church, 2003) (Tabla 1 y Figura 6). Esta relación fue descrita por primera vez en humanos en el trabajo de Allan & Gibbon (1991), quienes establecieron que el punto de bisección se encontraba en el valor de la media geométrica del rango de duraciones que utilizaron. A partir de entonces, la media geométrica se ha considerado como el valor esperado de acuerdo a la Teoría de la Estimación Temporal Escalar.

Grupo	Media geométrica	Punto de bisección
200/800 msec.	400	498
400/1600 msec.	800	894

Tabla 1. Medias geométricas y puntos de bisección para dos grupos de duraciones. Adaptado de Ortega y López. 2008.

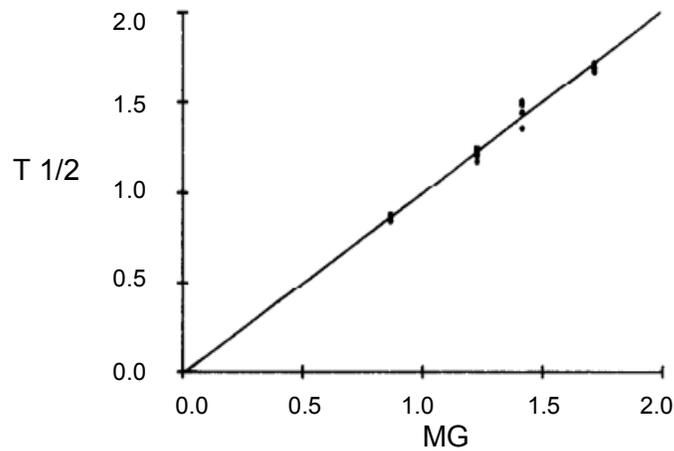


Figura 6. Punto de bisección como función de la media geométrica. Los círculos representan sujetos diferentes y la línea sólida muestra el ajuste de la regresión a los datos de un sujeto. De *Psychophysics. The Fundamentals*. (p. 50) por G. A. Gescheider, 1997.

El segundo principio es la variabilidad escalar, la cual se obtiene como resultado de la proporcionalidad y se observa en el crecimiento aproximadamente lineal de la desviación estándar del punto de bisección con respecto a la media de las duraciones presentadas (Allan & Gibbon, 1991; Tabla 2).

Mediante esta relación se encuentra el tercer principio, que consiste en que la desviación estándar del punto de bisección varía como una fracción constante

del mismo punto de bisección o bien, de la media de los estímulos presentados. A esta fracción constante se le denomina ley de Weber o coeficiente de variación (Church, 2003) (Tabla 3).

Grupo	Punto de bisección	Desviación estándar del punto de bisección
200/800 mseg.	498	15.86
400/1600 mseg.	894	44.24

Tabla 2. Puntos de bisección y su desviación estándar para dos grupos de duraciones. Adaptado de Ortega y López. 2008.

Magnitud	Rango del estímulo	Razón de Weber
Tiempo	4-10 seg.	.25
	8-20 seg.	.25
Numerosidad	4-10	.12
	8-20	.13
Longitud	4-10 cm.	.08
	8-20 cm.	.07

Tabla 3. Fracciones de Weber para diferentes tareas de bisección. Adaptado de Droit-Volet et al. 2008.

Finalmente, el cuarto principio es la invariancia de la escala temporal que consiste en la superposición aproximada de las funciones psicofísicas de todos los rangos cuando la duración del estímulo se divide entre la media geométrica o el punto de bisección (Church, 2003) (Fig. 7).

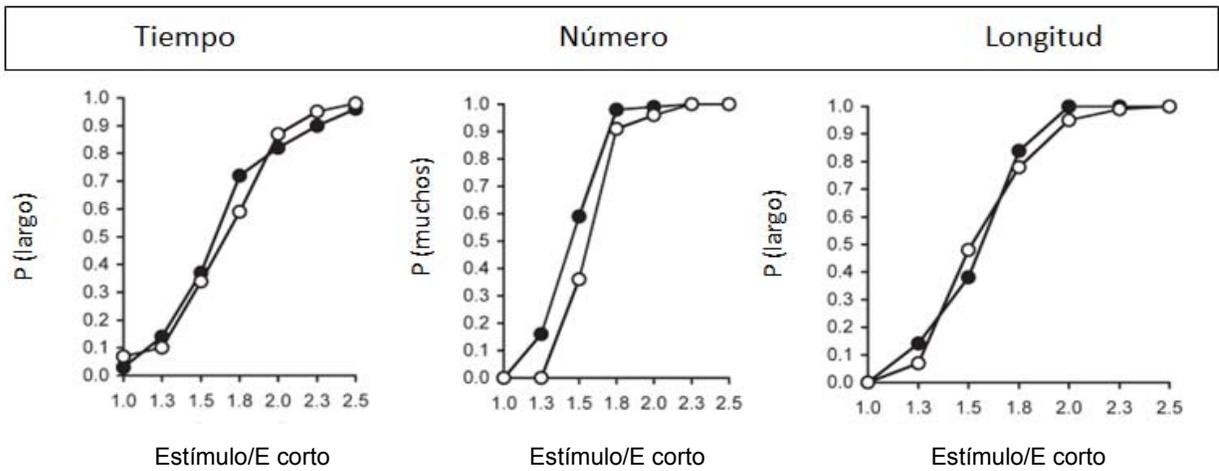


Figura 7. Funciones psicofísicas obtenidas a partir de la proporción de respuestas “largo” o “muchos” y el estímulo presentado entre el valor del estímulo más pequeño para tiempo, longitud y numerosidad. Adaptado de Droit-Volet et al. 2008.

Por su parte, el lado cualitativo de la teoría establece un mecanismo basado en la metáfora de un reloj interno (Fig. 8). La dinámica del proceso es la siguiente:

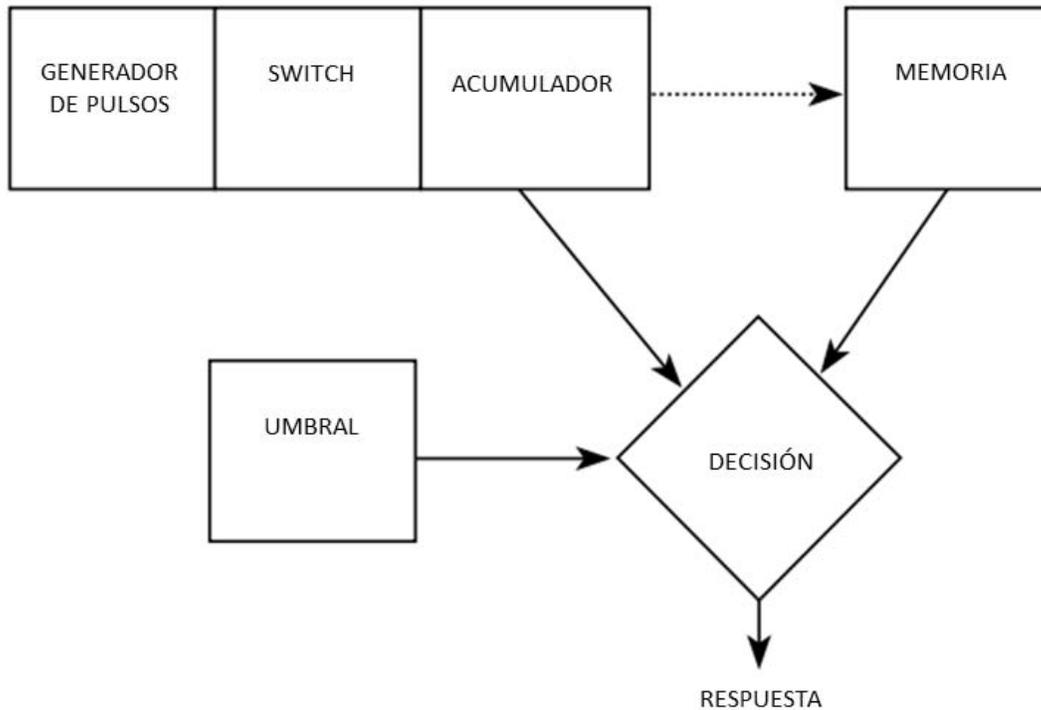


Figura 8. Metáfora de procesamiento de la información. Adaptado de López. 2012.

1. La materia prima para la representación del tiempo llega a través de pulsos emitidos por un generador de tipo Poisson.
2. Estos pulsos son dirigidos a un acumulador por medio de un switch que se cierra o abre al “encender” o “apagar” la duración objetivo. De esta manera, mientras más pulsos se acumulen, mayor será la duración estimada.
3. Los pulsos son enviados a un acumulador, para después pasar como un número (que es la suma de los pulsos discretos que se han acumulado) a un comparador.
4. Asimismo, el comparador recibe otro número de pulsos proveniente de una memoria de referencia, la cual contiene una distribución de números de pulsos registrados como resultado de los ensayos previos.
5. A continuación, el comparador evalúa la diferencia entre el número de pulsos proveniente del acumulador y el número de pulsos de la memoria de referencia, con base en un umbral de decisión.
6. Si la diferencia es mayor al umbral preestablecido, el organismo expresa una conducta, lo que permite señalar que ha estimado la duración indicada. Si no es el caso, se siguen haciendo comparaciones hasta que se sobrepasa el umbral (Church, 2003).

En conclusión, con base en la Teoría de la Estimación Temporal Escalar el tiempo se ha definido como una magnitud mental naturalmente secuencial con variabilidad escalar (Droit-Volet et al., 2008).

### **3.2.2 HIPOTESIS DE UN MECANISMO GENERAL**

Además del tiempo, dentro de la categoría de las magnitudes no sensoriales existen otras de notable relevancia que ya se han comenzado a investigar. Tal es el caso de los estudios que se han apoyado principalmente de métodos conductuales. Como resultado de estas investigaciones se han

encontrado asociaciones entre el procesamiento de las magnitudes de numerosidad, longitud y tono, tales como:

Balci & Gallistel (2006) encontraron que sus participantes transfirieron la discriminación temporal a la de numerosidad sin importar el rango de valores que se emplearan. En otras palabras, cuando los participantes eran probados en una tarea de bisección de números, éstos podían hacerlo adecuadamente aun cuando se les había entrenado únicamente para discriminar duraciones. A partir de lo anterior, los autores sugirieron que la conducta de discriminación está basada en la proporción que un estímulo tiene con respecto a un valor de referencia establecido, no importando que éstos difieran en su magnitud (numérica o temporal).

El procedimiento de bisección fue utilizado también por Droit-Volet et al. (2008), quienes hallaron a la propiedad de la varianza escalar en la discriminación de tiempo, numerosidad y longitud.

Por su parte, en tareas de bisección que estudiaron la discriminación de tiempo y tono (establecido en hertz), Brown et al. (2005) identificaron los mismos efectos en el PIS: hubo PIS de valor más bajo cuando la razón largo:corto era más pequeña y la distribución de los estímulos estaba sesgada positivamente. Además, en tareas de identificación absoluta, en donde al participante se le presentaba una serie de 8 tonos (en donde el tono 1 era el de menor duración/tono y el 8, de mayor duración/tono) a los cuales debía asignar un número (1, 2,...8) juzgando el lugar que tenían en la serie, se observó que la identificación absoluta de ambas magnitudes fue influenciada similarmente por el estímulo anterior y la distribución de los estímulos (si el rango de valores estaba sesgado positiva o negativamente).

Aún más, como De Hevia, Vandervelde & Spelke (2012) lo señalan, al comparar diferentes magnitudes (tales como: numerosidad, longitud, tamaño de animales, objetos y países, e incluso la inteligencia o ferocidad de los animales) se encuentra que todas ellas llevan la firma de una misma función, la Ley de Weber.

En suma, lo que se propone a partir de este cuerpo de evidencia es que se comparte un mismo mecanismo de procesamiento de la información entre magnitudes (Walsh 2003; Droit-Volet et al. 2008; Lourenco & Longo, 2010), en otras palabras, que evolutivamente el sistema nervioso central ha desarrollado una manera de categorizar y representar las magnitudes no sensoriales bajo un mismo mecanismo general (Buetti & Walsh, 2009; Cantlon, Platt, & Brannon, 2008; Walsh, 2003) que incluso puede basarse en representaciones de tipo escalar (Gallistel & Gelman, 2002).

Asimismo, en el campo de las neurociencias se han generado proyectos de investigación importantes a este respecto. Los trabajos con imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI) de Pinel, Piazza, Le Bihan & Dehaene (2004) han propuesto que cuando las personas llevan a cabo juicios de comparación en magnitudes como tamaño, numerosidad y luminosidad, éstas últimas son representadas en poblaciones neurales traslapadas: la numerosidad y el tamaño comparten un código espacial en el área parietal, mientras que el tamaño y la luminosidad comprometen representaciones perceptuales occipito-temporales.

Un estudio interesante, es el de Onoe et al. (2001 citado en Walsh, 2003) quienes a través de una tarea de bisección temporal en primates, identificaron mediante un escaneo con tomografía por emisión de positrones, que las áreas cerebrales involucradas son las mismas que están implicadas en el procesamiento numérico y espacial (la corteza prefrontal dorsolateral y el lóbulo parietal inferior).

Dentro de otros trabajos con resultados similares se encuentran los realizados por medio de métodos neuropsicológicos (Basso, et al., 1996; Harrington & Haaland, 1999 citados en Walsh, 2003) y neurofisiológicos a través de técnicas de resonancia magnética funcional (Rao, et al., 2001, citado en Walsh, 2003), electroencefalograma (Mohl & Pfurtscheller, 1991, citado en Walsh, 2003), estimulación magnética transcraneana (Bjoertomt, et al., 2002; Walsh & Pasual-

Leone, 2003; citados en Walsh, 2003) y otros más con tomografías por emisión de positrones (Maquet, et al., 1996 citado en Walsh, 2003).

Resumiendo, la evidencia de que el procesamiento temporal, espacial y numérico comparte una activación de la corteza parietal posterior apoya la propuesta de que todas las magnitudes son representadas de manera general en un formato de representación común (Lourenco & Longo, 2010).

No obstante, también se han reportado hallazgos y críticas que se oponen a dicha hipótesis. Una apelación a nivel metodológico, es elaborada por dos pares de autores Cordes & Brannon (2009) y Xu & Spelke (2000, citados en Lourenco & Longo, 2010) quienes consideran que pese a que las funciones psicofísicas correspondientes a tareas de discriminación dentro de varias magnitudes son consistentes con una representación de magnitudes a nivel general, dichas funciones se han observado en rangos limitados de valores, haciendo confuso que el sistema de representación se pueda generalizar a los valores no estudiados.

También, un conjunto de investigaciones sobre los correlatos neurofisiológicos del procesamiento de magnitudes no sensoriales a través del estudio de lesiones y estimulación magnética transcraneana (Aiello et al., 2012; Dormal, Seron, & Pesenti, 2006; Doricchi, Guariglia, Gasparini, & Tomaiuolo, 2005 citados en Walsh, 2003) indica que el procesamiento de magnitudes como tiempo, numerosidad y espacio es independiente uno del otro.

Finalmente, se ha propuesto una tercera hipótesis que sugiere un procesamiento parcialmente independiente entre numerosidad, tiempo y espacio (Cappelletti et al., 2014). Esta hipótesis ha surgido a partir de interacciones entre magnitudes que se han observado en un número muy reducido de investigaciones. Lo que básicamente se ha encontrado es que los números largos se pueden percibir como más largos de lo real, en cuanto a tamaño o duración, aun cuando haya lesiones cerebrales específicas que afectan el procesamiento de estas magnitudes (Cappelletti et al., 2014).

### 3.2.3 LONGITUD

La longitud, definida como una magnitud espacial continua, se ha estudiado básicamente mediante la presentación de líneas, aunque también ha habido casos en los que se le considera como una sub-magnitud dentro de la magnitud de tamaño o incluso espacio.

Dentro de la evidencia que existe al respecto, solamente hay un estudio que compara directamente la discriminación de longitud con la de tiempo. Droit- Volet et al. (2008) realizaron una investigación para evaluar la discriminación de longitud, numerosidad y tiempo mediante el procedimiento de bisección. Los resultados indicaron que la discriminación de longitud, junto con las de numerosidad y tiempo, poseen la propiedad fundamental de la varianza escalar y que la capacidad para representar las magnitudes de manera precisa se encuentra presente desde la edad de 5 años.

Además, en este mismo estudio, las funciones psicofísicas de numerosidad y longitud fueron muy similares, es decir, ambas obtuvieron la misma constante de Weber y los puntos de bisección se posicionaron de manera cercana a la media geométrica de los dos estímulos de referencia. Los resultados anteriores son consistentes con los encontrados en las magnitudes de espacio y numerosidad (Hubbard, E., Piazza, M., Pinel, P. & Dehaene, S., 2005 citado en Droit-Volet et al., 2008).

Finalmente, los autores de dicho trabajo explicaron que aunque es difícil establecer alguna conclusión con estudios conductuales que muestren la misma sensibilidad a varias magnitudes, en conjunto, los hallazgos de este estudio, soportan la idea de que todas las magnitudes son representadas por una magnitud análoga con variabilidad escalar desde una edad temprana (Droit-Volet et al., 2008).

### **3.2.4 CONTRASTE ACROMÁTICO**

Aunque la habilidad humana para detectar y percibir cambios en cuanto a contraste es posible gracias a los bastones y en menor proporción, a los conos (Drew, 2005), no existe algún receptor sensorial exclusivo para poder llevar a cabo el procesamiento de la magnitud de contraste. Por dicha razón, el contraste acromático se considera como una magnitud no sensorial.

Dentro del campo de la psicofísica, el contraste se ha empleado para estudiar fenómenos como la ilusión phantom (Zavagno & Daneyko, 2008), el efecto del gradiente de luminosidad en los contrastes simultáneos acromáticos (Agostini & Galmonte, 2002), las diferencias individuales en el efecto del contraste de color simultáneo (Ekroll & Faul, 2009) y los errores de orden temporal en la discriminación de contrastes (Alcala & García, 2011).

Sin embargo, aún no se ha investigado ni la estimación ni la discriminación de contrastes dentro del contexto de la propiedad de la varianza escalar.

### **3.2.5 FRECUENCIA**

Normalmente, el concepto de ritmo se asocia con el de frecuencia, pues es común que al hablar de ritmo se evoque una idea de periodicidad (McAuley, 1995). Sin embargo, ritmo y frecuencia son conceptualmente diferentes. Por un lado, el ritmo es un patrón sonoro de duraciones marcadas por una serie de eventos; en el caso de la música, el ritmo de una melodía es un patrón seriado de duraciones marcado por sonidos (notas) y silencios (descansos). Además, al hablar de ritmo, se involucra una representación de las duraciones, sonidos y descansos a través de unidades relativas, en vez de absolutas. Ahora bien, la palabra ritmo puede referirse no sólo al patrón seriado que se ha mencionado anteriormente, sino también a la percepción de dicho patrón. Desde este enfoque, el ritmo es la percepción de organización temporal de un patrón de sonidos físicos.

(McAuley, 2010). En cualquier caso, el ritmo incluye siempre sonidos y no es medible por medio de alguna unidad objetiva y consensuada.

Por otro lado, la frecuencia se define como la “repetición mayor o menor de un acto o de un suceso” (RAE, 2007). Con base en dicho concepto, hablar de frecuencia hace referencia a *qué tanto se repite algo en el ambiente*. Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabiliza el número de veces que ha ocurrido dicho evento en un intervalo de tiempo establecido. Así, puede calcularse la frecuencia cardíaca (latidos por minuto), las revoluciones de un motor de un vehículo por minuto (rpm), las frecuencias de corriente eléctrica (hertz) o el tempo musical (pulsos por minuto). En síntesis, la frecuencia implica el registro de las repeticiones de un determinado evento sin que éste tenga que ser un sonido necesariamente y a diferencia del ritmo, la frecuencia puede establecerse a través de unidades objetivas, absolutas y consensualmente establecidas.

Otra diferencia que cabe recalcar es la que estriba entre la frecuencia y el tempo musical. El tempo musical comunica el paso de una pieza de música (cuán rápida o lenta es) y se asocia típicamente con una tasa de eventos periódicos (beats) que los oyentes perciben a intervalos temporales iguales. Las unidades del tempo musical son los beats o pulsos por minuto (bpm/ppm) (McAuley, 2010). En este sentido, el tempo musical es un ejemplo de frecuencia, siendo ésta un constructo más grande que engloba al tempo musical.

El tempo musical se ha estudiado dentro del marco de la psicoacústica desde los años 50's (Abel, 1972, Getty, 1975, Woodrow, 1951, entre otros, citados en Drake & Botte, 1993). A estos trabajos se suman las investigaciones centradas en umbrales diferenciales, dentro de las cuales destaca el estudio de Drake & Botte (1993). Estos autores, a través de tres tareas de elección forzada con dos intervalos, encontraron que los participantes eran más sensibles a los cambios en el tempo de secuencias regulares (con duraciones fijas entre los pulsos auditivos) que al de secuencias irregulares (con duraciones variables entre los pulsos auditivos) y que detectaban con mayor facilidad los cambios en el tempo de dos

secuencias diferentes, en comparación con los de una misma secuencia de pulsos. Asimismo, los participantes que eran músicos (tenían formación y entrenamiento musicales) resultaron ser más sensibles en las tres tareas, a diferencia de los participantes que no eran músicos.

A pesar de estos hallazgos sobre tempo musical, hoy en día la producción empírica sobre frecuencia en el área de la psicofísica y particularmente dentro del marco de la propiedad de la varianza escalar es nula.

### **3.2.6 COMPARACIONES ENTRE MAGNITUDES**

Realizar estudios comparativos entre magnitudes es una labor que se ve dificultada por las diferencias inherentes a la naturaleza de cada magnitud. Por ejemplo, mientras que la numerosidad se presenta como una secuencia de ítemes separados entre sí, la longitud consiste en un flujo continuo e ininterrumpido de información.

También, los valores de cada magnitud se describen mediante unidades diferentes: longitud en centímetros, temperatura en grados, peso en gramos, y así sucesivamente. Por consiguiente, la escala real de valores que tiene cada magnitud es diferente una de otra, lo que las coloca en condiciones diferentes desde el inicio y obstaculiza una comparación entre ellas.

Además, otra limitante para llevar a cabo comparaciones entre magnitudes es la experiencia que se tiene con cada una de ellas, dado que ésta puede repercutir en la habilidad que se tenga para su estimación. Por mencionar un ejemplo, en el caso de tiempo, al ser una magnitud que se estima constantemente, los sujetos tienen mayor experiencia en este tipo de estimación frente a las demás magnitudes.

En cuarto lugar, la modalidad de presentación representa otro obstáculo. Los estímulos visuales utilizados en tareas de contraste acromático, longitud e

intensidad de luz, por citar algunos ejemplos, requieren la intervención de ciertas áreas cerebrales dedicadas al procesamiento de dicha información, mientras que el uso de estímulos auditivos (en tareas de frecuencia, tono, volumen, etcétera.), convoca otras áreas.

A pesar de los inconvenientes que existen para efectuar comparaciones entre magnitudes, se han realizado trabajos que han intentado controlar algunos de los factores descritos previamente. Con ellos, se han comenzado a desarrollar argumentos para esclarecer la estimación de diferentes magnitudes.

Una de estas comparaciones es la de Droit-Volet et al. (2008). En esta investigación se emplearon tareas de bisección de tiempo, numerosidad y longitud bajo dos condiciones:

- A) No secuencial: para tiempo se presentaba un círculo que permanecía una cierta duración, para numerosidad se empleaba un conjunto de un cierto número de círculos y para longitud se mostraba una línea de ciertos centímetros.
  
- B) Secuencial, en la cual se alteraba la presentación de los estímulos para que existiese un flujo continuo de información: para tiempo se mostraba una secuencia de círculos con diferentes duraciones que en total daban como resultado la duración que era discriminada por el participante, para numerosidad se presentaba una secuencia de varios patrones de círculos después de los cuales el participante juzgaba el número total de círculos y para longitud se utilizaba una secuencia de líneas que sumadas resultaban en el valor total de longitud que el participante debía discriminar.

Se trabajó con tres grupos de edad: 5 y 8 años y adultos. Como resultados, se obtuvieron funciones psicofísicas similares para longitud y numerosidad cuando las magnitudes fueron presentadas de forma secuencial, mientras que la

sensibilidad temporal fue menor que en las otras dos magnitudes cuando se utilizó la presentación no secuencial.

En otra investigación, Balci & Gallistel (2006), usaron el método de bisección para estudiar la transferencia de información de tiempo a numerosidad. En primera instancia, los participantes recibieron una tarea de bisección temporal con sus respectivas fases de entrenamiento y prueba. Posteriormente, realizaron una tarea de bisección de numerosidad que sólo contenía la fase de prueba. Los autores concluyeron que la discriminación entre ambas magnitudes fue similar y que los participantes compararon los estímulos con base en las representaciones mentales de cada magnitud de manera independiente, en lugar de que hubiera existido una comparación directa entre las magnitudes mentales de ambas magnitudes. Además, agregaron que las representaciones mentales de tiempo y numerosidad son funciones escalares (o proporcionales) de los valores reales.

Usando los métodos de bisección y de identificación absoluta (tareas en las que el participante asignaba un número a cada estímulo presentado, juzgando el lugar que ocupaba en una serie que iba de valores pequeños a grandes), Brown et al. (2005) llegaron a la conclusión de que la identificación y discriminación de tiempo y tono (establecido en hertz) obedecían principios similares y que los efectos encontrados en las dos magnitudes eran cuantitativamente idénticos.

Por otra parte, Roitman, Brannon, Andrews & Platt (2007) utilizaron una tarea de bisección con estímulos compuestos de dos magnitudes (tiempo y numerosidad) para evaluar su discriminación. Como resultado, concluyeron que hubo mayor sensibilidad a la numerosidad que al tiempo y sugirieron que aunque los humanos representan ambas magnitudes de forma simultánea, estas representaciones mentales pueden guardar ciertas asimetrías. Con un estudio diferente, Droit-Volet et al. (2003) investigaron la interferencia de numerosidad con respecto a la discriminación temporal y viceversa mediante el método de bisección en niños de 5 y 8 años y en adultos. Sus hallazgos demostraron que los niños de 5 años procesaron tiempo y numerosidad de forma conjunta y que a medida que la

edad era mayor, la interferencia de la numerosidad en la discriminación temporal disminuía. También, encontraron que la duración no interfirió con la discriminación de numerosidad en ningún grupo de edad.

En conclusión, los trabajos realizados hasta ahora han permitido conocer más sobre las similitudes y diferencias entre la discriminación y sensibilidad a algunas magnitudes. En la mayoría de los casos, parece ser que el procedimiento de bisección ha sido el más adecuado para obtener hallazgos confiables a pesar de las dificultades que surgen al hacer comparaciones entre magnitudes.

## 4. METODOLOGÍA

A partir de la revisión del cuerpo de evidencia empírica que se presentó anteriormente, se decidió proponer un estudio comparativo entre varias magnitudes con base en las propiedades del principio escalar a través del método de bisección. Cabe aclarar que en este trabajo el término *magnitud* hizo referencia a la propiedad del estímulo ya fuese tiempo, longitud, contraste acromático o frecuencia; mientras que a la conducta de discriminación para cada magnitud se le denominó *discriminación de bisección*, debido a que se empleó el método de bisección para medir y registrar la conducta de discriminación de los participantes. Estas discriminaciones de bisección se evaluaron sobre la base de las cuatro propiedades del principio escalar que son: proporcionalidad, variabilidad escalar, constante de Weber e invariancia de la escala.

En este experimento se incluyó al tiempo como la magnitud representante del principio escalar, a la longitud por ser una de las magnitudes ya comparadas con el tiempo (se excluyó a la numerosidad puesto que los hallazgos entre ésta y longitud (Droit-Volet et al., 2008) y tiempo (Balci & Gallistel, 2006) son similares) y a dos magnitudes no estudiadas hasta el momento que incluyeran estímulos visuales (contraste acromático) y auditivos (frecuencia). Además, esta última se eligió en lugar del ritmo para que los hallazgos pudieran atribuirse a una discriminación exclusiva de una magnitud en vez de un procesamiento combinado con estimación temporal.

La pregunta de investigación que se propuso es la siguiente:

¿Qué similitudes y diferencias hay entre la discriminación de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia, con base en las cuatro propiedades del principio escalar en tareas de bisección independientes para cada magnitud?

## **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar la discriminación de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia en función de las cuatro propiedades del principio escalar sin alterar la naturaleza de dichas magnitudes.

## **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Replicar una comparación ya existente (Droit-Volet et al., 2008) de la discriminación de tiempo y longitud en una muestra de estudiantes universitarios sin alterar la naturaleza de las magnitudes y empleando diferentes valores.
- Analizar la discriminación de bisección de dos magnitudes no estudiadas: contraste acromático y frecuencia.
- Evaluar las similitudes que existen en la discriminación de bisección de las cuatro magnitudes con base en la superposición de las funciones psicofísicas normalizadas en función del punto de igualdad subjetiva.
- Describir la conducta de discriminación de bisección con base en el punto de igualdad subjetiva, el umbral diferencial y la fracción de Weber para las cuatro magnitudes consideradas: tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia.

## **4.3 HIPÓTESIS**

### **DE INVESTIGACIÓN**

Si hay similitudes en las discriminaciones de bisección de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia en cuanto a las propiedades de la función psicofísica, se apoyará la hipótesis de un mecanismo general para explicar el procesamiento de las magnitudes estudiadas.

## **NULA**

Si no hay similitudes en las discriminaciones de bisección de las cuatro magnitudes estudiadas en función de las propiedades de la función psicofísica, se apoyará la hipótesis de que los mecanismos que dan origen a la estimación de las magnitudes estudiadas son independientes.

## **ALTERNATIVA**

Si hay similitudes y diferencias en las discriminaciones de las cuatro magnitudes, se sustentará la hipótesis de un mecanismo general con ciertas diferencias en el procesamiento de la información relacionadas con la naturaleza de las magnitudes.

### **4.4 TIPO DE ESTUDIO**

Se presenta un estudio experimental que compara las discriminaciones de bisección de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia con base en las propiedades de la función psicofísica.

### **4.5 PARTICIPANTES**

Para reclutar a los participantes del presente estudio, se realizó una invitación verbal a los estudiantes de licenciatura de la Facultad de Psicología de la UNAM, en el semestre 2014-1.

Una parte de la muestra se convocó gracias al apoyo del profesor a cargo de un curso de primer semestre en el que dichos estudiantes se encontraban inscritos para otorgarles algunas décimas de punto en su calificación a cambio de su participación. La invitación constó de una breve exposición del objetivo principal y marco teórico que sustentan el presente estudio, se mencionó que se requería su presencia para dos sesiones que consistían en la realización de dos tareas en

computadora con una duración total aproximada de 25 minutos, se solicitó su correo electrónico para poderles informar sobre las fechas y horas disponibles en las que podrían asistir, así como la sede del estudio y finalmente se les señaló el número de décimas que obtendrían a cambio de su participación.

Otra parte de la muestra se convocó a través de una invitación verbal a estudiantes de quinto y séptimo semestres.

El rango de edad de los participantes fue de los 18 a 23 años.

#### 4.6 DISEÑO

Los participantes se asignaron aleatoriamente a 6 grupos. Se tuvieron 8 participantes por grupo, teniendo un total de 48 participantes. Se utilizó este diseño para obtener la mayor cantidad de casos posible para cada magnitud con la población a la que se tuvo acceso y aumentar así el poder estadístico de los análisis. Para cada magnitud se presentaron dos tareas de bisección, cada una con un rango de valores diferente. Cada grupo realizó dos tareas de bisección de una magnitud y dos más de otra. Cada participante realizó un total de 4 tareas de bisección, divididas en dos sesiones de dos tareas cada una, de tal forma que se incluyeran todas las comparaciones posibles por pares. Cada sesión se llevó a cabo en días diferentes. Dentro de cada grupo se contrabalanceó el orden de presentación tanto de las magnitudes como de las tareas de bisección correspondientes (Tabla 4).

No. de Participante	Grupo	Sesión 1		Sesión 2	
		Condición 1	Condición 2	Condición 1	Condición 2
1	TL	Tiempo 1	Tiempo 2	Longitud 1	Longitud 2
2	TL	Tiempo 1	Tiempo 2	Longitud 1	Longitud 2
3	TL	Tiempo 2	Tiempo 1	Longitud 2	Longitud 1
4	TL	Tiempo 2	Tiempo 1	Longitud 2	Longitud 1
5	TL	Longitud 1	Longitud 2	Tiempo 1	Tiempo 2
6	TL	Longitud 1	Longitud 2	Tiempo 1	Tiempo 2
7	TL	Longitud 2	Longitud 1	Tiempo 2	Tiempo 1

8	TL	Longitud 2	Longitud 1	Tiempo 2	Tiempo 1
9	TC	Tiempo 1	Tiempo 2	Contraste 1	Contraste 2
10	TC	Tiempo 1	Tiempo 2	Contraste 1	Contraste 2
11	TC	Tiempo 2	Tiempo 1	Contraste 2	Contraste 1
12	TC	Tiempo 2	Tiempo 1	Contraste 2	Contraste 1
13	TC	Contraste 1	Contraste 2	Tiempo 1	Tiempo 2
14	TC	Contraste 1	Contraste 2	Tiempo 1	Tiempo 2
15	TC	Contraste 2	Contraste 1	Tiempo 2	Tiempo 1
16	TC	Contraste 2	Contraste 1	Tiempo 2	Tiempo 1
17	TF	Tiempo 1	Tiempo 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
18	TF	Tiempo 1	Tiempo 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
19	TF	Tiempo 2	Tiempo 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
20	TF	Tiempo 2	Tiempo 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
21	TF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Tiempo 1	Tiempo 2
22	TF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Tiempo 1	Tiempo 2
23	TF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Tiempo 2	Tiempo 1
24	TF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Tiempo 2	Tiempo 1
25	LC	Longitud 1	Longitud 2	Contraste 1	Contraste 2
26	LC	Longitud 1	Longitud 2	Contraste 1	Contraste 2
27	LC	Longitud 2	Longitud 1	Contraste 2	Contraste 1
28	LC	Longitud 2	Longitud 1	Contraste 2	Contraste 1
29	LC	Contraste 1	Contraste 2	Longitud 1	Longitud 2
30	LC	Contraste 1	Contraste 2	Longitud 1	Longitud 2
31	LC	Contraste 2	Contraste 1	Longitud 2	Longitud 1
32	LC	Contraste 2	Contraste 1	Longitud 2	Longitud 1
33	LF	Longitud 1	Longitud 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
34	LF	Longitud 1	Longitud 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
35	LF	Longitud 2	Longitud 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
36	LF	Longitud 2	Longitud 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
37	LF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Longitud 1	Longitud 2
38	LF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Longitud 1	Longitud 2
39	LF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Longitud 2	Longitud 1
40	LF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Longitud 2	Longitud 1
41	CF	Contraste 1	Contraste 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
42	CF	Contraste 1	Contraste 2	Frecuencia 1	Frecuencia 2
43	CF	Contraste 2	Contraste 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
44	CF	Contraste 2	Contraste 1	Frecuencia 2	Frecuencia 1
45	CF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Contraste 1	Contraste 2
46	CF	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Contraste 1	Contraste 2
47	CF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Contraste 2	Contraste 1
48	CF	Frecuencia 2	Frecuencia 1	Contraste 2	Contraste 1

Tabla 4: Diseño experimental. TL= tiempo y longitud, TC= tiempo y contraste acromático, TF= tiempo y frecuencia, LC= longitud y contraste acromático, LF= longitud y frecuencia, CF= contraste acromático y frecuencia. El número que se presenta después del nombre de la magnitud hace referencia a la tarea (con el rango de valores 1 o 2) que realizó el participante.

## **CONTEXTO Y ESCENARIO**

Este estudio se realizó en el cubículo 23 del edificio D de la Facultad de Psicología de la UNAM. Las tareas se presentaron en una computadora con monitor BENQ Senseye 3 LED de 26 pulgadas por medio del software PsychoPy v1.80.03 para Windows.

### **4.7 TAREAS**

Las tareas se realizaron con el software PsychoPy v1.80.03 para Windows. Para cada una de las cuatro magnitudes, se elaboraron dos tareas de bisección, cada una con un rango distinto de valores. En otras palabras, la única diferencia entre las dos tareas de cada magnitud era el rango de valores presentado.

La estructura de las tareas se apoyó en la metodología reportada por Droit-Volet et al. (2008) y Ortega y López (2008).

Las condiciones de iluminación de la pantalla de brillo (35 puntos) y contraste (50 puntos) se dejaron fijas para todas las tareas.

Debido a que cada participante realizó dos tareas por sesión, se le daba un periodo de descanso de 5 minutos entre ambas tareas, con el fin de que su nivel de atención no se viera disminuido de manera importante y esto afectara su desempeño en la segunda tarea.

### **4.7.1 PROCEDIMIENTO DE BISECCIÓN**

El procedimiento de bisección ha sido utilizado de forma relevante, para el estudio de la magnitud temporal. Dicha técnica ha sido aplicada para la investigación tanto en animales, como en niños y adultos. La discriminación de bisección es uno de los procedimientos a los que se ha recurrido dentro del ámbito conductual para estudiar las posibilidades de generalización de las propiedades de la función psicofísica a lo largo de varias magnitudes (Droit-Volet et al., 2008; Roitman et al., 2007). Por estas razones, se eligió al procedimiento de bisección como la principal herramienta metodológica para evaluar las similitudes entre las magnitudes en el presente trabajo.

Para realizar una tarea de bisección, el experimentador establece un rango de valores de manera previa. Esto se realiza mediante valores que coloquen a los participantes en un estado de confusión y les demanden esfuerzo para poder efectuar la tarea de discriminación. Este rango de valores es dividido en “saltos”, es decir, en partes iguales, para poder establecer cada uno de los valores intermedios que se utilizarán en la tarea de bisección.

El procedimiento de bisección consta de dos fases o bloques:

1. Fase de aprendizaje o entrenamiento: se presentan dos estímulos de referencia cuyos valores son el mínimo y el máximo valor del rango establecido inicialmente. En este caso, se realizaron 6 ensayos de presentación de los estímulos de referencia en el siguiente orden: corto-largo-corto-largo-corto-largo. Antes de la presentación de cada estímulo, se le hizo saber al participante qué estímulo le sería mostrado.
2. Fase de prueba: se presentan los estímulos de referencia más otros estímulos cuyos valores son los restantes intermedios del rango propuesto. El orden de presentación de dichos estímulos es determinado de manera aleatoria. Después de la presentación de cada estímulo, se le solicita al

participante que responda si el estímulo es más similar al estímulo de referencia con el valor más pequeño o el más grande.

En este estudio, el rango de valores considerado para cada magnitud se dividió en 7 saltos. El número de saltos se determinó con base en los estudios con procedimiento de bisección de Droit-Volet et al. (2008) y Ortega & López (2008).

Cada participante realizó 4 bloques de entrenamiento (E) con 6 ensayos cada uno y 16 bloques de prueba (P) con 7 ensayos cada uno. Los bloques se presentaron en el siguiente orden:

E – P – P – P – P – E – P – P – P – P – E – P – P – P – E – P – P – P – P

Donde:

E: bloque de entrenamiento.

P: bloque de prueba.

El total de ensayos experimentales fue de 112.

La duración aproximada de cada tarea fue de 12 minutos.

#### **4.7.2 FASE DE PILOTEO**

La primera serie de rangos para cada magnitud (a excepción de tiempo) se estableció a través de piloteos con diferentes personas, no incluidas en el experimento en sí. El criterio que se empleó para determinar si un rango de valores era el apropiado para cada magnitud fue que la tarea no fuera ni muy sencilla ni muy difícil para los participantes, es decir, que de manera general se observase una tendencia de menor a mayor proporción de respuestas “largo,

oscuro, y rápido” (según fuera la magnitud) sobre el eje de las abscisas de las funciones psicofísicas de los participantes.

Al final de cada tarea se les pidió a los participantes que contestaran un cuestionario en el que se les preguntaba si la tarea les pareció complicada, si los valores les parecieron confusos, si las instrucciones fueron claras, si tuvieron alguna complicación al realizar la tarea y si consideraban que algo debía cambiarse. Todas las recomendaciones y comentarios recabados a través de esta fase de pilotaje se consideraron para modificar las teclas utilizadas en cada tarea y las instrucciones verbales y del software.

Todos los rangos se hicieron con base en una secuencia aritmética. Para cada magnitud, los dos rangos de valores se elaboraron considerando el mismo incremento entre cada valor.

Los rangos utilizados en las tareas de tiempo no fueron piloteados debido a que ambos rangos ya han sido empleados en el estudio de Ortega y López (2008). No obstante, ambas tareas de tiempo fueron piloteadas con una muestra de diferentes individuos para asegurar que las instrucciones y estructura de la tarea fueran claras.

### **4.7.3 TIEMPO**

Las duraciones que se emplearon fueron las mismas que Ortega y López (2008) dado que no se reportaron complicaciones debidas a estos valores y además eran duraciones menores a 2 segundos, lo que previno el conteo cronométrico de los participantes (Brown et al., 2005).

En estas tareas se presentó el mismo estímulo: un rectángulo azul sobre un fondo blanco. El tamaño de este rectángulo fue de .5 unidades normalizadas de altura y .5 de ancho con respecto al tamaño total de la pantalla (2 unidades de

altura y 2 de ancho). En otras palabras, el rectángulo ocupaba la cuarta parte de la pantalla. Dicho estímulo se presentó siempre en el centro de la pantalla.

Para las dos tareas que se realizaron, sus valores finales en milisegundos fueron los siguientes:

Tarea 1	Tarea 2
200, 300, 400, 500, 600, 700, 800	400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600

Tabla 5. Rangos de valores empleados en las tareas de bisección temporal.

#### **4.7.4 LONGITUD**

Los estímulos presentados fueron líneas de color negro de 1 pixel de grosor sobre un fondo de color blanco. Para controlar que los participantes tomaran como referencia el marco de la pantalla de la computadora al momento de elaborar juicios sobre la longitud de las líneas, éstas se presentaron de manera vertical. Además, para que los participantes prestaran atención a cada estímulo, éstos se presentaban en una ubicación diferente en cada ensayo determinada de manera aleatoria.

Previo al piloteo, se establecieron unos valores iniciales de longitud con base en los valores utilizados en otros estudios de longitud: 80 a 120 mm. (Dormal & Pesenti, 2007), 8 y 32 mm (De Hevia, Vandervlice, & Spelke, 2012). Dicha literatura se contempló debido a que sólo se encontró un trabajo reportado con el método de bisección para medir la estimación de longitud (Droit-Volet et al., 2008), el cual empleaba valores (de 4 a 10 centímetros) que se consideraron poco confusos para la finalidad de este estudio.

Las unidades que se utilizaron para generar los estímulos de estas tareas fueron pixeles. Los valores finales con sus respectivas conversiones a milímetros

se presentan a continuación. La equivalencia que se empleó como base fue: 1 pixel = 0.0264 cm.

Tarea 1	Tarea 2
55 pixeles = 1.45 cm.	80 pixeles = 2.11 cm.
58 pixeles = 1.53 cm.	83 pixeles = 2.19 cm.
61 pixeles = 1.61 cm.	86 pixeles = 2.27 cm.
64 pixeles = 1.69 cm.	89 pixeles = 2.35 cm.
67 pixeles = 1.77 cm.	92 pixeles = 2.43 cm.
70 pixeles = 1.85 cm.	95 pixeles = 2.51 cm.
73 pixeles = 1.93 cm.	98 pixeles = 2.59 cm.

Tabla 6. Rangos de valores empleados en las tareas de bisección de longitud.

#### 4.7.5 CONTRASTE ACROMÁTICO

Para estudiar la discriminación de bisección de esta magnitud se usaron estímulos visuales con diferentes tonalidades de gris. Los estímulos que representaban cada valor de contraste blanco-gris fueron rectángulos del mismo tamaño presentados sobre un fondo blanco. Se optó porque el color del fondo de la pantalla fuera blanco para contar con la misma condición de definición visual para todos los contrastes. El tamaño de los rectángulos fue de .5 unidades normalizadas de altura y .5 de ancho con respecto al tamaño total de la pantalla (2 unidades de altura y 2 de ancho). En otras palabras, cada rectángulo ocupaba la cuarta parte de la pantalla. Dichos estímulos se presentaron siempre en el centro de la pantalla. Cada estímulo se presentó durante 2 segundos en las etapas de entrenamiento y prueba.

Los estímulos para estas tareas se elaboraron con base en la paleta de colores de Paint de Microsoft versión 6.3. Específicamente, se empleó el modelo de color RGB en el cuadro de diálogo de propiedades de color de Paint, con las siguientes combinaciones:

Tarea 1	Tarea 2
Estímulo 1: Rojo: 214 Verde: 214 Azul: 214	Estímulo 1: Rojo: 184 Verde: 184 Azul: 184
Estímulo 2: Rojo: 210 Verde: 210 Azul: 210	Estímulo 2: Rojo: 180 Verde: 180 Azul: 180
Estímulo 3: Rojo: 206 Verde: 206 Azul: 206	Estímulo 3: Rojo: 176 Verde: 176 Azul: 176
Estímulo 4: Rojo: 202 Verde: 202 Azul: 202	Estímulo 4: Rojo: 172 Verde: 172 Azul: 172
Estímulo 5: Rojo: 198 Verde: 198 Azul: 198	Estímulo 5: Rojo: 168 Verde: 168 Azul: 168
Estímulo 6: Rojo: 194 Verde: 194 Azul: 194	Estímulo 6: Rojo: 164 Verde: 164 Azul: 164
Estímulo 7: Rojo: 190 Verde: 190 Azul: 190	Estímulo 7: Rojo: 160 Verde: 160 Azul: 160

Tabla 7. Rangos de valores empleados en las tareas de bisección de contraste acromático.

Como se muestra en la tabla 7, las intensidades de gris más bajas corresponden a valores más altos en la combinación de colores y las intensidades más altas, a valores más bajos. Por ejemplo, para generar el estímulo más claro de todos, se utilizó la mezcla de rojo, verde y azul a 214, mientras que para crear el estímulo más oscuro se usó rojo, verde y azul a 160. Con relación a lo anterior, cabe señalar que los 7 estímulos del rango 1 son más claros que los del rango 2.

Esta correspondencia estímulo-valor es opuesta a la que se empleó en las otras magnitudes, pues en ellas los estímulos más cortos son los que tenían los valores más pequeños de los rangos seleccionados para cada magnitud. Debido a esta característica propia de contraste acromático, se decidió invertir la escala de cada rango para facilitar el análisis de datos que se presenta en el siguiente capítulo. De esta forma, el rango 1 inicia con un valor de 190 y termina con uno de 214, mientras que el rango 2 comienza con un valor de 160 y finaliza en uno de 184.

#### 4.7.6 FRECUENCIA

Para las tareas de frecuencia se empleó el mismo estímulo auditivo (un tono) presentado a diferentes frecuencias, esto es, a diferentes pulsaciones por

minuto. Para realizar los diferentes archivos de audio que se necesitaron, se utilizó el metrónomo en línea Bestmetronome y el software Audacity 2.0.5 para Windows.

Para evitar que los participantes pudieran usar como referencia el número de pulsaciones emitidas en cada ensayo, es decir, que discriminaran entre una frecuencia y otra por medio del conteo de pulsos auditivos, el software reprodujo cada frecuencia con distintas duraciones determinadas de forma aleatoria. Además, esta medida sirvió para controlar que los participantes se basaran en un proceso de estimación temporal para emitir sus respuestas. Cada valor de frecuencia se presentó aleatoriamente en tres duraciones: 3 segundos, 5 segundos y 7 segundos. Los participantes desconocían dicha variación. En los ensayos de entrenamiento, la duración de cada estímulo también se determinó aleatoriamente considerando las mismas tres duraciones posibles (3, 5 y 7 segundos).

Los valores de frecuencia que se utilizaron fueron los siguientes rangos de pulsaciones por minuto:

Tarea 1	Tarea 2
166, 170, 174, 178, 182, 186, 190	226, 230, 234, 238, 242, 246, 250

Tabla 8. Rangos de valores empleados en las tareas de bisección de frecuencia.

## 4.8 INSTRUCCIONES

Cada sesión se llevó a cabo de forma individual, en un cuarto con luz blanca en donde sólo permanecían el participante y la experimentadora. La experimentadora permanecía sentada a una distancia de 1.5 m. del participante.

Una parte de las instrucciones se dio de forma verbal a cada participante y otra, a través del software.

### 4.8.1 INSTRUCCIONES VERBALES

Se le pedía a cada participante que tomara asiento y se le comentaba lo siguiente: “A continuación comenzarás con la primera tarea de dos que tendrás que realizar. Quiero comentarte que en este tipo de tareas lo ideal es no pensar demasiado las respuestas, por lo que te pido que respondas con la primera opción que te venga a la mente. Los estímulos de estas tareas se presentarán de forma aleatoria, es decir, no hay ningún patrón entre ellos, por lo que solo deberás concentrarte en estimar lo que se te pide. Las instrucciones aparecerán en la pantalla. Lee las instrucciones detenidamente. Si tienes alguna duda respecto a ellas, haz favor de comentarme. Te pido que por favor me avises cuando hayas terminado la tarea. Por último te pido que pongas mucha atención y te concentres mucho en la tarea. ¿Estás listo?”

Después, se le pedía al participante que se colocara unos audífonos con el fin de aislar el ruido externo. Si las tareas que iba a realizar eran de frecuencia, se le señalaba al participante que iba a escuchar sonido a través de los audífonos.

Posterior a la primera tarea, se le daba un periodo de 5 minutos de descanso a cada participante en el cual se le preguntaba si tenía dudas sobre las instrucciones. Si este era el caso, se resolvían las dudas del participante. Si no, se conversaba con el participante sobre las materias que cursaba en ese momento.

Al término del periodo de 5 minutos de descanso, se le decía: “A continuación comenzarás con la segunda y última tarea. Lee las instrucciones con detenimiento. Te pido que por favor me avises cuando hayas terminado. Recuerda poner mucha atención y concentrarte mucho en la tarea. ¿Estás listo?”

Cuando el participante concluía la segunda tarea se le comentaba: “Es todo. Agradezco mucho tu participación. Te pido que no le comentes nada a tus compañeros sobre las tareas que has realizado. ¿Tienes alguna pregunta?”

## 4.8.2 INSTRUCCIONES DEL SOFTWARE

El formato y contenido de las instrucciones para todas las tareas fue muy similar. En particular sólo hubo dos diferencias que estribaron en la explicación de las características del estímulo a estimar y en las teclas empleadas (las cuales fueron congruentes con la característica a estimar: C = corto/claro, L = largo/lento, O = oscuro y R = rápido).

A continuación se presentan las instrucciones que se utilizaron para la magnitud de tiempo. Las instrucciones iniciales fueron:

“En este experimento se te pedirá juzgar si una imagen permanece por un periodo de tiempo corto o largo. Durante el experimento se te presentará la misma imagen por periodos de tiempo diferentes, después de los cuales tendrás que estimar su duración. Presiona la tecla “C” si es CORTO o “L” si el periodo de tiempo es LARGO. Presiona “SPACE” para continuar leyendo.”

Para iniciar la fase de entrenamiento, las instrucciones que se utilizaron fueron:

“En los siguientes ensayos se te indicará la respuesta correcta. Presiona SPACE para continuar...”

Las instrucciones para presentar los estímulos de referencia en los ensayos de entrenamiento fueron:

“Esta es un periodo de tiempo corto/largo”

Después de la presentación de cada estímulo de referencia, se mostró la siguiente indicación:

“Presiona la tecla C/L/O/R (según la magnitud por estimar), por favor”

Al final de la fase de entrenamiento se presentó la siguiente instrucción:

“Fin de los ensayos de prueba. Presiona SPACE para continuar”

Al inicio de los ensayos de prueba, las instrucciones fueron las siguientes:

“A partir de ahora se te presentará la misma imagen por diferentes periodos de tiempo. Tu tarea consiste en clasificar su duración como corta (C) o larga (L), como en la fase anterior. Presiona SPACE para continuar...”

Para solicitar la respuesta del participante después de cada estímulo presentado:

“Presiona C/L si la duración es corta/larga.”

## 5. RESULTADOS

### **Exclusiones de participantes:**

Se descartaron varias sesiones con base en dos criterios de exclusión: si en la discriminación de dicho participante se generaban muchos outliers con respecto a los resultados de sus iguales dentro de su mismo grupo o si hubo ausencia de discriminación. Este último aspecto se examinaba conforme el ajuste de la función ojival como lo realiza Droit-Volet et al. (2008). En este caso, se empleó la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005) que se describe en la siguiente sección.

Estas sesiones se consideraron fallidas debido a que los datos no podían atribuirse a la obtención de una función psicofísica, sino a factores extraños como distractores externos (visuales o auditivos), participantes con dificultades visuales que no usaran lentes en ese momento o al cansancio atribuible a las demandas atencionales inherentes a la tarea de bisección.

Con relación a estos casos, hubo tres tipos de reemplazos:

- A) Totales: en los cuales se repitieron las tareas asignadas al participante original. 2 participantes fueron sustituidos, quienes presentaron las tareas de contrastes-frecuencia y líneas-frecuencia respectivamente.
- B) De una magnitud: en donde se repitieron las dos tareas de la misma magnitud. Hubo un caso, en donde se reemplazaron las dos tareas de longitud.
- C) De una tarea: en los cuales se sustituyeron los datos de una tarea. Se reemplazaron 5 tareas de frecuencia.

En todos estos casos se invitaba a los mismos participantes a repetir sus sesiones y en caso de que accedieran, sus resultados se volvían a evaluar con base en los criterios de exclusión mencionados previamente. Sólo los datos del

participante que repitió ambas tareas de longitud (reemplazo tipo B) demostraron discriminación y ajustes confiables a la ojiva. Para los demás reemplazos se reclutaron nuevos participantes.

En total, se reemplazaron 4 tareas de longitud, 2 de contrastes y 9 de frecuencia.

### **Agrupación de los datos:**

Para un manejo adecuado de los datos, se agruparon los datos de los participantes según la tarea de bisección que realizaron, considerando que los efectos de orden de las tareas y de las magnitudes asignadas se cancelaron al realizar el contrabalanceo (Ver tabla 4).

Debido a que los reemplazos parciales (es decir, los de una sola tarea) constituían una fuente de variabilidad entre participantes no prevista para cada magnitud, no fueron empleados para sustituir los datos de esa tarea, pues de ser así se tendrían casos de un par de tareas de la misma magnitud compuestos por dos participantes.

Como los casos de reemplazo parcial con este problema eran exclusivos de frecuencia, se decidió usar los datos de las 2 tareas de frecuencia realizadas por cada nuevo participante para reemplazar los datos de 2 participantes de reemplazo parcial (los que solo habían tenido un desempeño inadecuado en una tarea). En otras palabras, se sustituyeron por completo los pares de tareas de frecuencia de 2 participantes, mientras que 3 pares quedaron sin datos.

De esta forma, cada magnitud tuvo una muestra total de 24 participantes a excepción de frecuencia que tuvo 21 (Tabla 9).

	Tiempo	Líneas	Contrastes	Frecuencia
Tiempo		8	8	8
Líneas	8		8	8*
Contrastes	8	8		8
Frecuencia	8**	8	8	

Tabla 9. Número de participantes que realizó las tareas de bisección de cada magnitud. Los asteriscos (\*) representan los casos de frecuencia para los que no se tienen datos.

### Proporciones de respuesta “largo”:

Para cada magnitud, las respuestas “largo” hicieron referencia a una característica diferente: para tiempo eran todas aquellas respuestas en las que el participante clasificaba una duración como “larga”, para longitud, aquellas en las que se discriminaba una línea como “larga”, para contraste acromático, aquellas en las que se juzgaba un recuadro como “oscuro” y para frecuencia, aquellas en las cuales se respondía que un tono era “rápido”.

En primer lugar, un examen de las gráficas obtenidas para ambos rangos de cada magnitud (Figura 9) sugiere que en todos los casos la proporción de respuestas “largo” incrementaba a medida que el valor del estímulo empleado aumentaba, es decir, se identifica que hubo sensibilidad a los rangos de las diferentes magnitudes. También, se observó que las funciones tuvieron una forma sigmoidea en todos los casos. Específicamente, las funciones psicofísicas de *frecuencia* se observaron más aplanadas que las obtenidas en las otras magnitudes.

En general, se encontró que dentro de cada magnitud las dos funciones tuvieron una forma y pendiente muy parecida entre sí, a excepción del caso de *longitud*, en el cual la función correspondiente al primer rango tuvo una forma ligeramente más aplanada que la del segundo.

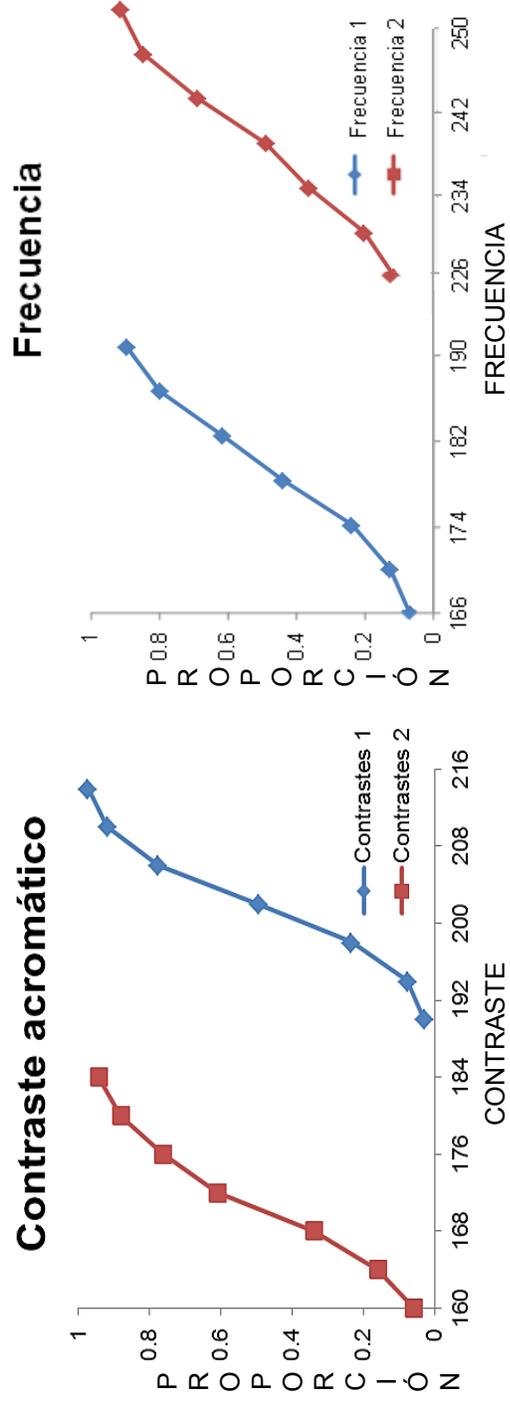
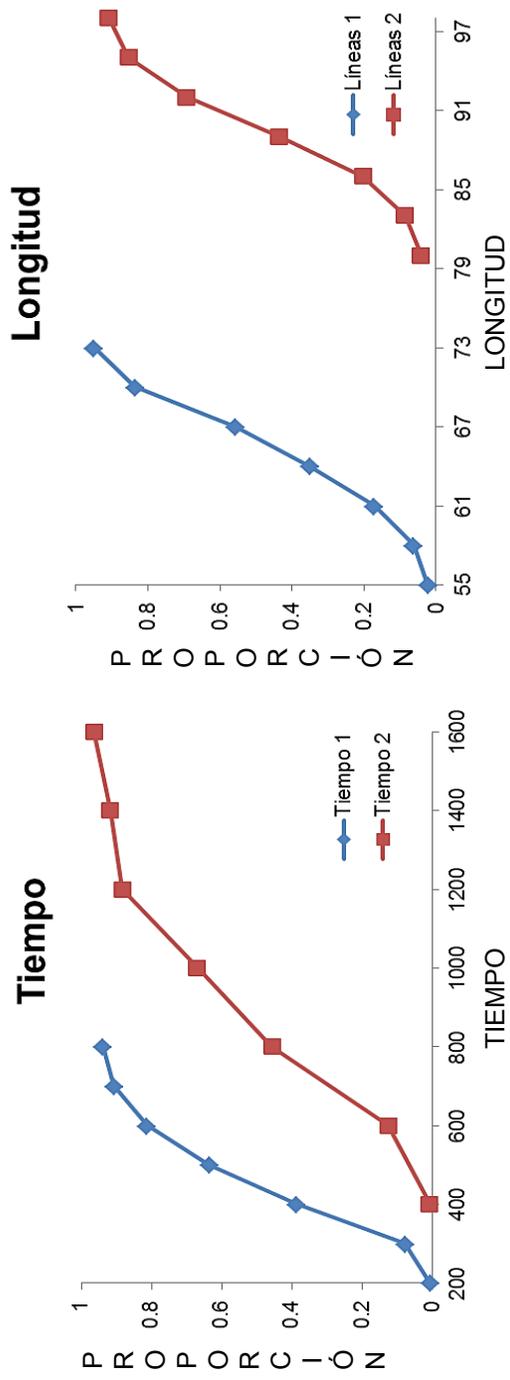


Figura 9. Gráficas de las cuatro magnitudes estudiadas. En el eje de las ordenadas se encuentra la proporción de respuestas “largo”, mientras que en el eje de las abscisas se localiza el valor del estímulo presentado. Para cada magnitud se presentan dos funciones correspondientes a los dos diferentes rangos que se utilizaron.

En segundo lugar, se realizó una gráfica para cada tarea de bisección (Figuras 10, 11, 12 y 13) con base en una rutina generada en el software R (v3.1.2) para Windows que generaba la función psicofísica y calculaba la curva de mejor ajuste a la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005). Dicha ecuación produce una función ojival y es la que mejor describe los gradientes temporales descritos por Guilhardi y Church (2005):

$$y = \frac{m}{1 + e^{\left(\frac{-(t-c)}{s}\right)}} \quad (4)$$

En donde:

c = centro de la función

s = escala de la función

m = tasa máxima de respuesta

t = duración a estimar

Los dos indicadores estadísticos que se presentan, a saber la suma residual de error y la R cuadrada, muestran que todas las funciones presentaron un ajuste significativamente alto a la función ojival.

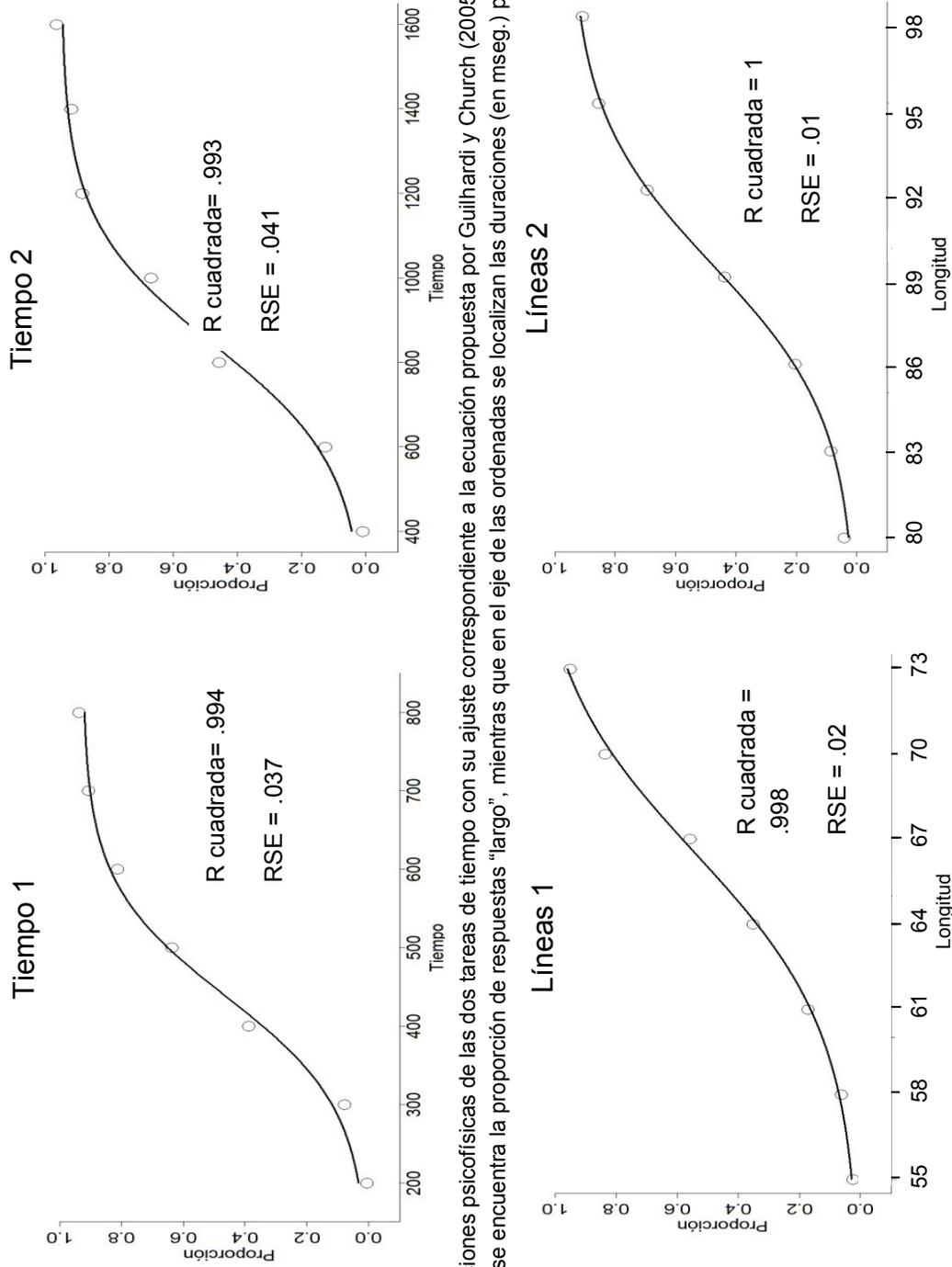


Figura 10. Funciones psicofísicas de las dos tareas de tiempo con su ajuste correspondiente a la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005). En el eje de las abscisas se encuentra la proporción de respuestas "largo", mientras que en el eje de las ordenadas se localizan las duraciones (en msec.) presentadas.

Figura 11. Funciones psicofísicas de las dos tareas de longitud con su ajuste correspondiente a la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005). En el eje de las abscisas se encuentra la proporción de respuestas "largo", mientras que en el eje de las ordenadas se localizan las longitudes (en pixeles) presentadas.

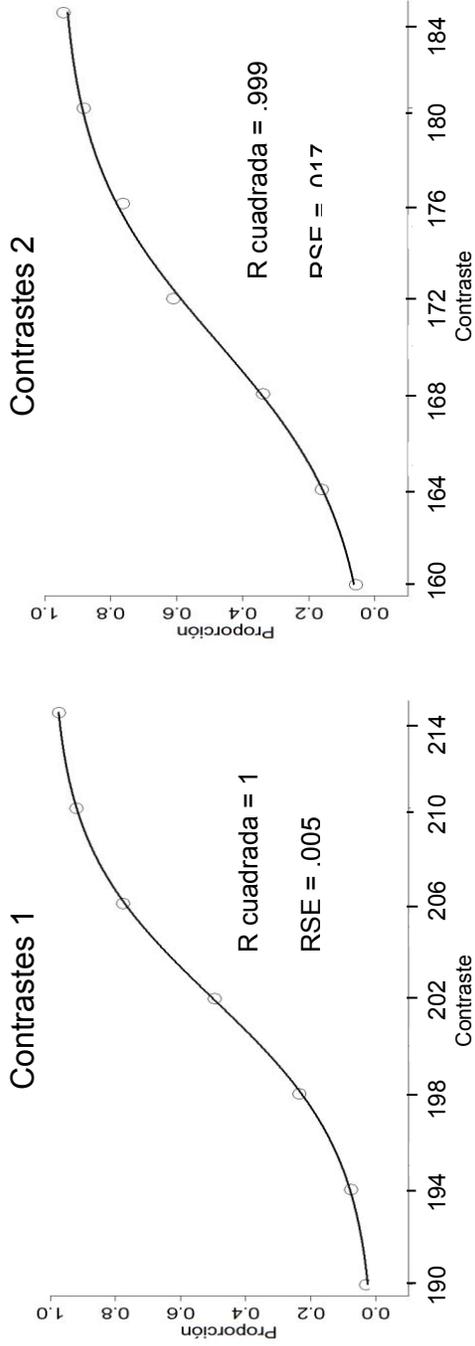


Figura 12. Funciones psicofísicas de las dos tareas de contraste acromático con su ajuste correspondiente a la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005). En el eje de las abscisas se encuentra la proporción de respuestas "largo", mientras que en el eje de las ordenadas se localizan los contrastes (en valores rgb) presentados.

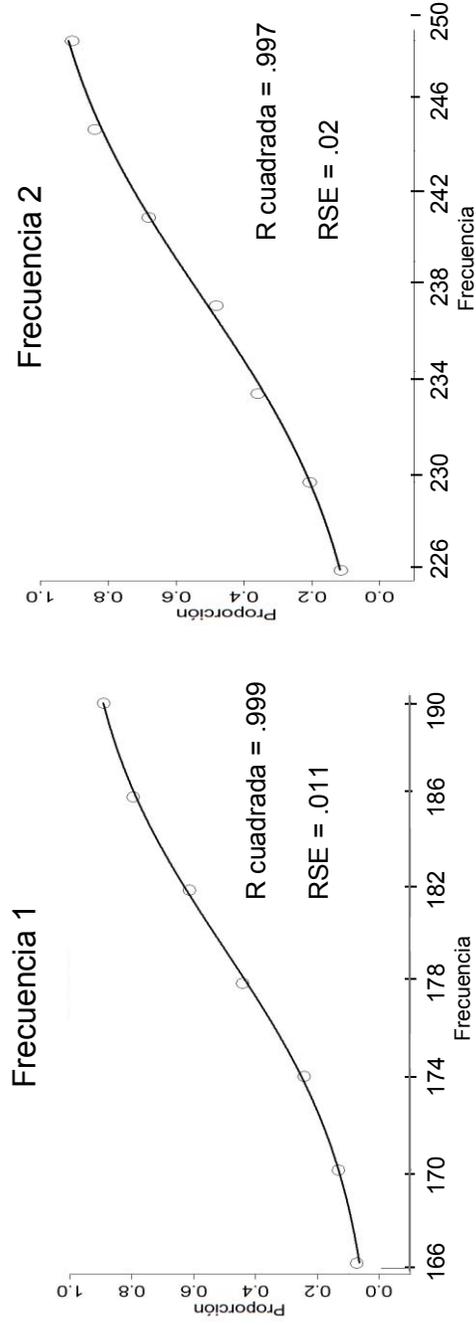


Figura 13. Funciones psicofísicas de las dos tareas de frecuencia con su ajuste correspondiente a la ecuación propuesta por Guilhardi y Church (2005). En el eje de las abscisas se encuentra la proporción de respuestas "largo", mientras que en el eje de las ordenadas se localizan las frecuencias (en ppm) presentadas.

En tercer lugar, se realizó una evaluación con las proporciones de respuesta “largo” para cada magnitud a través de un análisis multivariado de medidas repetidas para conocer si se encontraba variabilidad de tipo escalar. Los factores intra-sujeto que se consideraron fueron: *magnitud* con 7 niveles (7 valores empleados en cada tarea de bisección) e *rango* con 2 niveles (2 rangos de valores establecidos para cada magnitud).

Utilizando el estadístico de Wilks, no se encontró ningún efecto significativo de interacción *magnitud-rango* para ninguna magnitud:

Tiempo,  $\lambda = .77$ ,  $F(6, 18) = .89$ ,  $p > .05$ .

Longitud,  $\lambda = .58$ ,  $F(6, 18) = 2.12$ ,  $p > .05$ .

Contraste acromático,  $\lambda = .57$ ,  $F(6, 18) = 2.22$ ,  $p > .05$ .

Frecuencia,  $\lambda = .8$ ,  $F(6, 15) = .61$ ,  $p > .05$ .

Esta ausencia de interacción significó que el rango que se presentó no tuvo ningún efecto diferente en ninguna de las proporciones de respuesta “largo” obtenidas. Por lo tanto, la sensibilidad de los participantes no se vio afectada por el rango de valores utilizado.

### **PUNTO DE IGUALDAD SUBJETIVA (PIS)**

Para continuar con la evaluación del principio escalar, se realizó una superposición de las dos funciones de cada magnitud empleando el valor del punto de igualdad subjetiva de cada tarea. Estas gráficas se construyeron con base en la proporción de respuestas “largo” en el eje de las ordenadas y el resultado de la división del valor presentado a los participantes entre el punto de bisección obtenido para esa tarea, en el eje de las abscisas. Los datos se superpusieron en todas las magnitudes (Fig. 14).

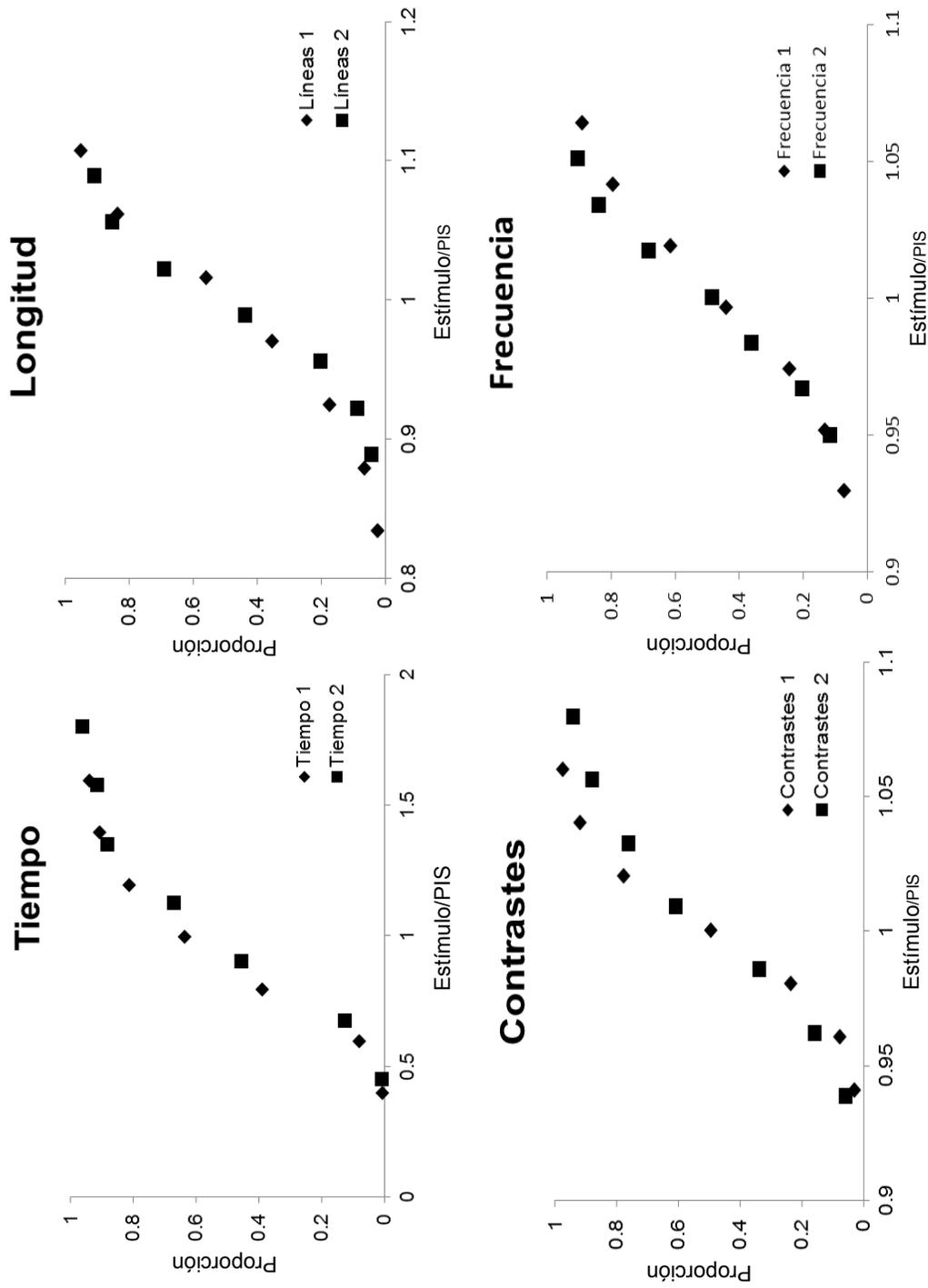


Figura 14. Proporción de respuestas “largo” graficadas contra el valor presentado dividido entre el punto de bisección para cada magnitud (se utilizaron los puntos de igualdad calculados con el método de mínimos cuadrados). Los valores del eje de las abscisas de las cuatro gráficas se adaptaron a las características de los rangos de las magnitudes (valores más/menos espaciados) para poder ilustrar la forma de ambas funciones y el traslape que existe entre ambas.

Se calculó el punto de igualdad subjetiva para cada una de las tareas que cada participante realizó. El punto de igualdad subjetiva o punto de bisección, definido como aquél valor que produce el 50% de respuestas “largo”, se calculó con base en el método de mínimos cuadrados (Maricq, Roberts & Church, 1981) el cual produce resultados similares a otros métodos y ha sido utilizado por varios autores (Droit-Volet et al. (2008), Ortega & López (2008), entre otros).

El primer paso de este cálculo consistió en seleccionar los tres valores de la función psicofísica del participante que produjeran la pendiente más alta por medio de una regresión lineal. A partir de esta regresión lineal se extraían los valores del intercepto y la pendiente para calcular el valor de la recta que intersectaba con el 50 % de las respuestas “largo” del participante. Este valor final era el punto de bisección. Hubo algunos casos en los que se identificaron dos regresiones lineales con la misma pendiente (4 para Tiempo 1, 1 para Tiempo 2, 5 para Líneas 1, 2 para Líneas 2, 2 para Contrastes 2, 1 para Frecuencia 1 y 3 para Frecuencia 2, TOTAL: 20), por lo que para decidir un valor final de intercepto se procedía a promediar los dos interceptos provenientes de dichas regresiones. Con esta media se continuaba con el cálculo descrito anteriormente.

Para cada tarea de bisección se calculó el valor promedio de punto de bisección y su desviación estándar (Tabla 10).

Magnitud	Rango de estímulos	Punto de Bisección	Fracción de Weber	Umbral Diferencial
Tiempo	200 – 800	501.33 (96.27)	.17 (.04)	85.93 (24.81)
	400 – 1600	887.95 (282.69)	.17 (.02)	156.25 (55.29)
Longitud	55 – 73	65.92 (1.95)	.03 (.007)	2.57 (.43)
	80 – 98	89.97 (1.97)	.03 (.005)	2.73 (.54)

Contraste	190 – 214	201.85 (2.79)	.01 (.003)	3.33 (.67)
	160 – 184	170.42 (2)	.02 (.005)	3.75 (.93)
Frecuencia	166 – 190	178.55 (2.93)	.02 (.006)	4.07 (1.17)
	226 – 250	237.88 (2.49)	.01 (.003)	4.27 (.91)

Tabla 10. Medias de los puntos de bisección, fracciones de Weber y umbrales diferenciales obtenidos para cada rango de bisección de cada magnitud. Las desviaciones estándar se encuentran entre paréntesis.

Como era de esperarse, el PIS varió con respecto a la media del rango que se ocupó en cada tarea (Tabla 10), es decir, todos los participantes fueron sensibles a la magnitud y valores que se les presentaron.

Para todas las magnitudes se calculó la proporción que guardó el punto de bisección con relación a la media aritmética de cada rango de valores (Tabla 11). Esta proporción se obtuvo como resultado de la división entre el PIS promedio de cada tarea y la media aritmética del rango de valores empleado.

Tarea	Proporción PIS / MA
Tiempo 1	1.25
Tiempo 2	1.10
Líneas 1	1.04
Líneas 2	1.01
Contrastes 1	1.00
Contrastes 2	0.99
Frecuencia 1	1.00
Frecuencia 2	1.00

Tabla 11. Proporción del PIS con relación a la media aritmética para cada tarea de bisección.

De manera general, en todas las magnitudes excepto tiempo, se encontró una relación PIS/MA muy cercana a 1, es decir, todos los participantes efectuaron una discriminación apegada al valor real que se les presentó, sin sobreestimar ni subestimar. En contraste, para tiempo se obtuvieron proporciones mayores a 1, lo que indicó que los participantes tendieron a sobreestimar las duraciones.

Magnitud	Rango de estímulos	Intervalo de confianza		Punto de Bisección	Media	
		Bajo	Alto		Geométrica	Aritmética
Tiempo	200 – 800	460	541	501.33	400	500
	400 – 1600	768	1007	887.95	800	1000
Longitud	55 – 73	65.1	66.75	65.92	63.36	64
	80 – 98	89.13	90.8	89.97	88.54	89
Contraste	190 – 214	200.67	203.03	201.85	201.64	202
	160 – 184	169.57	171.27	170.42	171.58	172
Frecuencia	166 – 190	177.21	179.88	178.55	177.59	178
	226 – 250	236.74	239.01	237.88	237.69	238

Tabla 12. Intervalos de confianza para los puntos de bisección de cada tarea, y medias geométrica y aritmética de todos los rangos de estímulos utilizados.

Posteriormente, con el fin de evaluar si la media aritmética o geométrica de los valores de referencia describía mejor cada grupo de datos, se obtuvieron los intervalos de confianza de los puntos de bisección mediante una prueba T para cada tarea de bisección (Tabla 12) como lo realizan Ortega & López (2008).

En los intervalos de confianza de 4 tareas (tiempo 2, contrastes 1, y frecuencia 1 y 2) se localizaron las medias aritmética y geométrica. Por otro lado, en 3 casos no se obtuvo evidencia de que los intervalos incluyeran alguna de las dos medias. De estas 3 tareas, en 2 (líneas 1 y 2) se encontró que ambas medias quedaron

por debajo del intervalo calculado, mientras que en contrastes 2, las dos medias quedaron por encima. En último lugar, sólo en el intervalo de confianza de 1 tarea (tiempo 1) se encontró a la media aritmética.

Resumiendo, en todas las magnitudes se encontró que el punto de bisección difirió conforme a la media aritmética de los valores empleados, es decir, hubo sensibilidad a todos los rangos de valores. En segundo lugar, en todas las magnitudes excepto tiempo, se observó que los participantes no sobreestimaron ni subestimaron los valores que se les presentaron. En el caso de tiempo, los participantes tendieron a sobreestimar las duraciones. Por último, se identificó que en 4 tareas tanto la media aritmética como geométrica describieron bien al punto de bisección, en 3 tareas ninguna media lo hizo y en 1 lo fue la media aritmética.

## **UMBRAL DIFERENCIAL**

Enseguida, se calcularon los umbrales diferenciales para todas las tareas de bisección por medio del método de mínimos cuadrados (Maricq, Roberts & Church, 1981). Para este procedimiento se consideró la misma regresión lineal que se obtuvo en el cálculo de los puntos subjetivos de igualdad. En este caso, se calcularon dos valores de la recta obtenida: los que intersectaran con el 25 % y el 75 % de las respuestas “largo” del participante. A continuación se restaba el valor correspondiente al 25%, al valor del 75%. El resultado se dividía a la mitad para obtener el umbral diferencial. Para cada tarea de bisección se calculó el valor promedio de umbral diferencial y su desviación estándar (Tabla 10).

Para evaluar si hubo diferencias significativas en los umbrales diferenciales de los participantes cuando realizaron la tarea 1 y la tarea 2 para cada magnitud, se realizó un análisis multivariado de medidas repetidas con un factor (*rango*) con dos niveles (rango 1 e rango 2). Utilizando el estadístico de Wilks se encontraron diferencias significativas para tiempo,  $\lambda = .325$ ,  $F(1, 23) = 47.769$ ,  $p < .05$ .

En las demás magnitudes no se encontraron diferencias estadísticamente significativas:

Longitud,  $\lambda = .956$ ,  $F(1, 23) = 1.069$ ,  $p > .05$ .

Contraste acromático,  $\lambda = .888$ ,  $F(1, 23) = 2.892$ ,  $p > .05$ .

Frecuencia,  $\lambda = .973$ ,  $F(1, 20) = .561$ ,  $p > .05$ .

## **FRACCIÓN DE WEBER**

Para calcular las fracciones de Weber de cada caso, se procedió de la misma forma que Maricq, Roberts y Church (1981), Droit-Volet et al. (2008) y Ortega y López (2008): se dividió el umbral diferencial entre el punto de bisección de cada participante. A partir de estos valores se calcularon las medias para cada tarea de bisección y su desviación estándar (Tabla 10).

Para evaluar si la fracción de Weber permanecía constante en los dos rangos de valores propuestos, se realizó un análisis multivariado de medidas repetidas con un factor (*rango*) con dos niveles (rango 1 e rango 2). Utilizando el estadístico de Wilks no se encontraron diferencias significativas para la magnitud de tiempo,  $\lambda = .993$ ,  $F(1, 23) = .167$ ,  $p > .05$ ; pero sí para:

Longitud,  $\lambda = .517$ ,  $F(1, 23) = 21.517$ ,  $p < .05$ .

Contraste acromático,  $\lambda = .596$ ,  $F(1, 23) = 15.572$ ,  $p < .05$

Frecuencia,  $\lambda = .615$ ,  $F(1, 20) = 12.53$ ,  $p < .05$ .

## 6. DISCUSIÓN

El presente estudio examinó la discriminación de bisección de cuatro diferentes magnitudes (tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia) con base en los cuatro principios de la propiedad escalar.

Las funciones psicofísicas de las cuatro magnitudes se superpusieron y el ajuste de las mismas a la función sigmoidea fue adecuado. En segundo lugar, únicamente en la discriminación temporal el umbral diferencial aumentó conforme se incrementaban los valores absolutos, demostrando que hubo una disminución en la sensibilidad absoluta a medida que los participantes discriminaban valores más grandes.

En tercer lugar, solamente para la magnitud de tiempo se identificó que la fracción de Weber permaneció constante cuando las duraciones se incrementaron. Esto sugiere que las otras magnitudes no se comportan de acuerdo a la Ley de Weber. En todo caso, se requiere verificar estos hallazgos puesto que el tamaño de la muestra para este análisis fue pequeño ( $n=24$ ) en comparación a la que Droit-Volet et al. (2008) utilizó ( $n=61$ ) y las diferencias observadas entre las razones de Weber de cada magnitud fueron mínimas.

Por otra parte, en todas las magnitudes se encontró que el punto de bisección varió conforme a la media de los valores empleados, lo que significa que en todos los casos hubo sensibilidad al rango de valores. Igualmente, en todas las magnitudes excepto tiempo, se observó que los participantes no sobreestimaron ni subestimaron los valores que se les presentaron. En el caso de tiempo, los participantes tendieron a sobreestimar las duraciones. De manera diferente, con un análisis de intervalos de confianza, se obtuvo evidencia de que en 4 tareas tanto la media aritmética como geométrica describieron bien al punto de bisección, en 3 tareas ninguna media lo hizo y en 1 lo fue la media aritmética.

En general, realizando una comparación de todos los componentes de la hipótesis escalar en las cuatro magnitudes estudiadas, se identificó que todas las magnitudes se comportaron como toda función psicofísica, es decir, pudieron representarse por medio de la ojiva. También, los principios de proporcionalidad e invariancia de la escala estuvieron presentes en todas las magnitudes.

Sin embargo, hubo algunas propiedades escalares que no se encontraron en todas las magnitudes. El incremento del umbral diferencial con respecto a la media de los valores presentados y la constante de Weber, se encontraron sólo en la magnitud de tiempo. Incluso, a pesar de que el análisis de la discriminación con relación a la media no da cuenta de una varianza sistemática, se observó que la discriminación de longitud, contraste acromático y frecuencia se apegó más al valor real, es decir, a la media aritmética, mientras que en tiempo hubo una tendencia a sobreestimar las duraciones.

Ahora bien, Ortega & López (2008) encontraron la misma sobreestimación para la magnitud de tiempo y la explicaron con base en cinco factores: las condiciones de presentación de los estímulos, el espaciamiento entre valores, la razón corto/largo, la modalidad del estímulo (estímulos visuales o auditivos) y los diferentes procesos fisiológicos involucrados en la estimación de duraciones pequeñas y largas. Este par de autores, concluyeron que la sobreestimación pudo haber sido resultado del uso de diferentes mecanismos fisiológicos implicados en el procesamiento de duraciones distintas.

Estas cinco variables, pueden emplearse para explicar las variaciones de los puntos de bisección obtenidos en esta investigación:

Se puede rechazar al primer factor ya que todas las magnitudes se presentaron en condiciones estándar, es decir, sin ninguna alteración en su naturaleza (por ejemplo: presentación secuencial o parpadeante). Del mismo modo, el espaciamiento entre valores corto/largo no puede explicar la variación en los PIS ya que aun cuando los espaciamientos entre los valores corto/largo para longitud, contraste y frecuencia fueron muy similares y sólo más grande para

tiempo, las escalas de las diferentes magnitudes utilizadas no son comparables entre sí. Finalmente, la modalidad de presentación de cada magnitud permaneció constante en todos los casos.

Con los argumentos hasta aquí presentados, todos los factores mencionados por Ortega y López (2008) pueden descartarse a excepción del último, el cual podría sugerir que hay distintos mecanismos fisiológicos involucrados en la estimación de diferentes valores y más aún, para diferentes magnitudes, como lo proponen Cappelletti et al. (2014).

Por otro lado, una comparación entre la evidencia obtenida a través de este estudio y la ya reportada permite identificar que en cuanto a la magnitud de tiempo, todos los hallazgos fueron congruentes al principio escalar y la misma variación del punto de bisección también ha sido reportada por Ortega y López (2008). Con respecto a longitud, en este estudio se obtuvo una adecuada superposición de ojivas y una cercanía del punto de bisección a la media aritmética que difirieron con lo que Droit-Volet et al. (2008) reportaron. Incluso, Droit-Volet et al. (2008) concluyeron que las discriminaciones de tiempo y longitud compartían los principios de la propiedad escalar cuando se presentaban de forma secuencial, y que se requería de un procesamiento atencional dinámico de la información acumulada para longitud de la misma forma que para tiempo. A diferencia, el presente experimento estudió la discriminación de magnitudes en condiciones estándar, esto es, sin alterar la naturaleza de las magnitudes y demostró que existen tanto similitudes como diferencias con respecto al principio escalar.

De cualquier manera, los hallazgos que aquí se presentan no pueden considerarse definitivos dado que el rango de valores que se utilizó en las tareas de longitud, contraste y frecuencia fue estudiado por primera vez a través de esta investigación y el comportamiento de los componentes de la hipótesis escalar puede no verse reflejado en los valores empleados.

Así pues, la presente investigación presenta evidencia sobre la relación entre el principio escalar y la discriminación de bisección de tiempo, longitud, contraste acromático y frecuencia. Probablemente, futuros estudios en este campo puedan brindar mayor claridad e información para entender mejor dicha relación y poder comparar las discriminaciones de una magnitud y otra. Asimismo, este experimento alienta a la apertura de nuevas líneas de investigación como puede ser el estudio de la transferencia entre magnitudes y del desarrollo de habilidades cognitivas (percepción, memoria y atención) que en conjunto permiten la estimación de diversas magnitudes, así como al desarrollo de propuestas teóricas que permitan explicar las diferencias en el procesamiento de estimación entre magnitudes.

## 7. CONCLUSIONES

Estos hallazgos sugieren que puede existir un mecanismo general de representación de las magnitudes de tipo escalar lo cual es congruente con el principio adaptativo que asume una utilización eficiente de los recursos de los organismos. En otras palabras, es posible que los seres humanos cuenten con un patrón general de procesamiento de la información que explique de una manera adaptativa el por qué todas las magnitudes sensoriales y no sensoriales son representadas por magnitudes análogas con una variabilidad escalar.

No obstante, existen limitaciones para afirmar lo anterior de manera definitiva. Primeramente, mediante este mismo estudio se ha obtenido evidencia de variabilidades no sistemáticas entre las magnitudes contempladas. En segundo lugar, esta es la primera investigación que ha estudiado los rangos de valores que se utilizaron para longitud, contraste acromático y frecuencia, por lo que se requiere de la experimentación con otros valores para observar cómo se comportan los componentes de la hipótesis escalar en ellos. También, la naturaleza de cada magnitud es diferente, lo que puede reclutar recursos cognitivos diferentes para cada procesamiento. Incluso, se ha llegado a establecer que el tiempo puede ser estimado gracias a la percepción de los eventos (Droit-Volet et al., 2008), dado que el tiempo per se no puede ser percibido como tal (Gibson, 1975 citado en Droit-Volet et al., 2008).

En consecuencia, se plantea que dicho mecanismo general presente ciertas diferencias dependiendo de la naturaleza de la magnitud que se esté estimando así como de los requerimientos del ambiente para estimar una magnitud más frecuentemente que otra.

## 8. REFERENCIAS

Accessible Metronome. EUA: Best Metronome. Recuperado de :  
<http://www.bestmetronome.com/>

Agostini, T. & Galmonte, A. (2002). A new effect of luminance gradient on achromatic simultaneous contrast. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 264-269.

Alcalá, R. & García, M. (2011). A model for the time-order error in contrast discrimination. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64, 1221-1248.

Allan, L. & Gibbon, J. (1991). Human Bisection at the Geometric Mean. *Learning and Motivation*, 22, 39-58.

Álvarez, G. (1995). *Antecedentes intelectuales de la psicología moderna*. Recuperado de: <http://www.tuobra.unam.mx/vistaObra.html?obra=1995#>

Balci, F. & Gallistel, C. (2006). Cross-domain transfer of quantitative discriminations: Is it all a matter of proportion? *Psychonomic Bulletin and Review*, 13, 636-642.

Brennan, J. (1999). *Historia y Sistemas de la Psicología*. México: Prentice Hall. 392 pp.

Brown, G., McCormack, T., Smith, M. & Stewart, N. (2005). Identification and Bisection of Temporal Durations and Tone Frequencies: Common Models for Temporal and Nontemporal Stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 31, 919-938.

Bueti, D. & Walsh, V. (2009). The parietal cortex and the representations of time, space, number and other magnitudes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1831-1840.

Cantlon, J. F., Platt, M.L. & Brannon, E. M. (2008). Beyond the number domain.

*Trends in Cognitive Sciences*, 13, 83-91.

Cappelletti, M., Chamberlain, R., Freeman, E. D., Kanai, R., Butterworth, B., Price, C. J. & Rees, G. (2014). Commonalities for Numerical and Continuous Quantity Skills at Temporo-parietal Junction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26, 986-999.

Church, R. M. (2002). Temporal learning. En H. Pashler y R. Gallistel (Eds.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology, Third Edition: Volume 3, Learning, Motivation, and Emotion* (pp. 365-393). New York: Wiley.

Church, R. M. (2003). A Concise Introduction to Scalar Timing Theory. En Meck, W.H. (Ed.), *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing* (pp. 1-22). Florida: CRC Press.

De Hevia, M., Vanderslice, M. & Spelke, E. (2012). Cross-Dimensional Mapping of Number, Length and Brightness by Preschool Children. *PloS ONE Journal*, 7, 1-9.

Dormal, V. & Pesenti, M. (2007). Numerosity-Length Interference. *Experimental Psychology*, 54, DOI 10.1027/1618-3169.54.4.xxx

Drake, C. & Botte, M. (1993). Tempo sensitivity in auditory sequences: evidence for a multiple-look model. *Perception & Psychophysics*, 54, 277-286.

Drew, S. (2005). *Anatomy and physiology of the eye, contrast, contrast sensitivity, luminance perception and psychophysics*. Recuperado de: <http://www.google.com.mx/url?sa=tyrct=jyq=yesrc=sysource=webycd=1yved=0CC8QfjAAyurl=http%3a%2F%2Fwww.ict.griffith.edu.au%2Fteaching%2F1008ICT%2Fdocs%2Fhumanvision.docyei=5s3UUeHSG7OB0Agm6YcoCwyusg=AFQjCNFnXSwgQ72GBAunho2LrZERX6je3Aybvm=bv.48705608,d.dmQ>

Droit-Volet, S. (2010). Speeding up a master clock common to time, number and length ?. *Behavioural Processes*, 85, 126-134.

Droit-Volet, S., Clément, A. & Fayol, M. (2003). Time and number discrimination in

a bisection task with a sequence of stimuli: A developmental approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 63-76.

Droit-Volet, S., Clément, A. & Fayol, M. (2008). Time, number and length: Similarities and differences in discrimination in adults and children. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 1827-1846.

Ekroll, V. & Faul, F. (2009). A simple model describes large individual differences in simultaneous color contrast. *Vision Research*, 49, 2261-2272.

Gallistel, C.R. & Gelman, R. (2002). Non-verbal numerical cognition: from reals to integers. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 59-65.

Gescheider, G. (1997). *Psychophysics. The Fundamentals*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Goldstein, B. (2005). *Sensación y Percepción*. México: Thomson.

Guilhardi, P. & Church, R. M. (2005). Dynamics of temporal discrimination. *Learning & Behavior*, 4, 399-416.

Kingdom, F. & Prins, N. (2010). *Psychophysics: A practical Introduction*. EUA: Elsevier.

Kopec, C. & Brody, C. (2010). Human performance on the temporal bisection task. *Brain and Cognition*, 74, 262-272.

López, F. (2012). *Teoría de la Estimación Temporal Escalar*. Documento PPT presentado en el curso Diseños Actuales en Cognición y Comportamiento I, UNAM, México.

Lourenco, S.F. & Longo, M.R. (2010). General magnitude representation in human infants. *Psychological Science*, 21, 873-881.

Maricq, A.V., Roberts, S. & Church, R. M. (1981). Methamphetamine and Time Estimation. *Journal of Experimental Psychology*, 7, 18-30.

Matlab (Versión 7.10.0.499) [Software]. EUA: Mathworks.

McAuley, J.D. (2010). Tempo and Rhythm. En Jones et al. (Eds.) *Music Perception* (pp.165-199). EUA: Springer.

Meck, W. (2003). *Functional and neural mechanisms of interval timing*. EUA: CRC Press LLC.

Ortega, L. & López, F. (2008). Effects of visual flicker on subjective time in a temporal bisection task. *Behavioural Processes*, 78, 380-386.

Pinel, P., Piazza, M., Le Bihan, D. & Dehaene, S. (2004). Distributed and overlapping cerebral representations of number, size and luminance during comparative judgments. *Neuron*, 41, 983-993.

Psychopy (Versión 1.80.03) [Software]. Nottingham: University of Nottingham.

R: A Language and Environment for Statistical Computing (Versión 3.1.2) [Software]. Viena: R Core Team.

Real Academia Española (2007). Diccionario de la Real Academia Española. Madrid: RAE. Recuperado de: <http://lema.rae.es/drae/?val=profesi%C3%B3n>

Roitman, J., Brannon, E., Andrews, J. y Platt, M. (2007). Nonverbal representation of time and number in adults. *Acta Psychologica*, 124, 296-318.

Romero, J. & Vázquez, A. (Ed.) (2005). *Psicópolis: paradigmas actuales y alternativos en la psicología contemporánea*. Barcelona: Kairós.

Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 483-488.

Wearden, J.H. (2004). *Origins and development of internal clock theories of time*. Manuscrito no publicado, Keele University, Staffordshire, Inglaterra.

Yates, M., Loetscher, T. & Nicholls, M. (2012). A generalized magnitude system for space, time, and quantity? A cautionary note. *Journal of Vision*, 12, 1-7.

Zavagno, D. & Daneyko, O. (2008). When figure-ground segmentation modulates brightness: The case of phantom illumination. *Acta Psychologica*, 129, 166-174.