

T/214 25  
31

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE MADRID

FACULTAD DE PSICOLOGIA

Departamento: *Psicología  
Básica, Personalidad y  
Metodología*

AJUSTE DE FUNCIONES: PSICOFISICA

Directora: *Dra. Ana Julia GARRIGA.*

R.V. - 20.122

Febrero, 1989

Pedro RODRIGUEZ-NINON CIFUENTES

Reg. B. C. 43.556

UAM  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID  
BIBLIOTECA DE PSICOLOGIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID  
BIBLIOTECA



(P. BOX) Apartado nº 50.487  
MADRID

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
EDUCACION A DISTANCIA**

**Facultad de Psicología**

**Departamento: PSICOLOGIA MATEMATICA**

Doña Ana Julia Garriga Trillo, profesora Titular del Area de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Universidad Nacional de Educación a Distancia,

**CERTIFICA :**

que, en su opinión, la Tesis Doctoral titulada AJUSTE DE FUNCIONES: PSICOFISICA, cuyo autor es Pedro Rodríguez Miñón, es un trabajo original, realizado bajo mi dirección en los Laboratorios de Psicología de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Para cuyo fin expide el siguiente certificado en

Madrid, a seis de febrero de 1989.

Firmado

Ana Julia Garriga Trillo

**"Cuando un hombre se instala  
con su trabajo en un rincón,  
abandona tanta vida  
como conocimiento adquiere."**

**W. B. Yeats.**

A Santiago, por los desconsolados ratos  
que tuvo que jugar solo muy a pesar mio.

A Elena, gran animadora e impulsora de  
este trabajo.

A Paloma, compañera y cómplice de las  
dos razones anteriores.

## AGRADECIMIENTOS:

A la Dra. Ana Julia Garriga, directora de esta tesis y maestra de mi formación psicofísica, que con su contagiante entusiasmo transforma cualquier dificultad en la más apasionante de las actividades.

Al Dr. Vicente Ponsoda, por su amable acogida tanto a este trabajo como a mi mismo y sus oportunas orientaciones.

Al Dr. Jose María Merino, mago de los ordenadores y autor de gran parte del software aplicado en este trabajo, sin cuya colaboración aun me encontraría en los inicios.

Enormemente importante ha sido el apoyo recibido por la Dra. Sofía Fontes que generosamente me prestó su tiempo y sus medios técnicos convirtiendo su domicilio en un "centro de proceso de datos".

Un especial recuerdo y agradecimiento al Dr. Miguel Padilla que desde hace ya varios años me ha proporcionado siempre valiosísimas orientaciones y consejos.

A la Dra. María Dolores Luna, que amablemente me permitió formar un grupo de prácticas con sus alumnos con los que pude realizar el cuarto experimento de este trabajo.

A Blanca, Marifé, Enrique, Emilio, Encarna y a todos mis compañeros, amigos y alumnos de la U.N.E.D -sujetos experimentales- de los que de una forma u otra he recibido el apoyo y la ayuda necesaria para terminar mi trabajo.

Finalmente, y no por ello menos importante, quiero agradecer a María Chamorro su paciencia y sacrificio en descifrar y procesar el manuscrito corrigiéndolo tantas veces como fue necesario, sacrificando muchas veces sus propios ratos de ocio.

I N D I C E:

---

	página
<b>CAPITULO I: Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II: Función Psicofísica.....</b>	<b>8</b>
2.1. Introducción.....	9
2.2. Ley de Weber.....	13
2.3. Ley de Fechner.....	17
2.4. Opción potencial y ley de Stevens....	22
2.4.1. La medida de la sensación en Stevens.....	24
2.4.2. Formulación de la función potencial.....	28
2.4.3. Generalidad de la ley de Stevens.....	30
<b>CAPITULO III: Otras funciones psicofísicas                 alternativas.....</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO IV: Bondad de ajuste de las funciones                 Psicofísicas.....</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO V: Estudios Experimentales.....</b>	<b>69</b>
5. Introducción.....	70
5.1. Experimento 1.....	84

5.1.1. Método.....	86
5.1.2. Resultados.....	90
5.1.3. Discusión.....	108
5.2. Experimento 2.....	112
5.2.1. Método.....	113
5.2.2. Resultados.....	115
5.2.3. Discusión.....	134
5.3. Experimento 3.....	141
5.3.1. Método.....	144
5.3.2. Resultados.....	148
5.3.3. Discusión.....	166
5.4. Experimento 4.....	170
5.4.1. Método.....	173
5.4.2. Resultados.....	177
5.4.3. Discusión.....	196
<b>CAPITULO VI: Discusión general y conclusiones.....</b>	<b>200</b>
6.1. Discusión General.....	201
6.2. Conclusiones.....	208
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>214</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>254</b>

**CAPITULO-I:**  
-----

**INTRODUCCION**

De forma continuada y casi desde mediados de este siglo, surge en la literatura científica psicológica y más específicamente dentro de la ya fulgurante Psicología Matemática, la aplicación del ajuste de funciones a datos psicofísicos. Ejemplos de tales trabajos serían, en orden cronológico, los estudios de Stevens (1957, 1960, 1962) Stevens y Galanter (1957), Ekman (1958), Poulton (1967, 1968), Teghtsoonian (1971, 1973), J.C. Stevens y Marks (1971), McMillan, Moscheto, Bialostozky y Engel (1974), Garriga (1985) y Fontes (1988). Unidos a estos desarrollos metodológicos, existen multitud de estudios sensorio-perceptivos encaminados a estudiar cómo captamos los estímulos ambientales, cómo los procesamos y finalmente cómo emitimos las respuestas. Estos estudios recorren, de forma empírica, las distintas modalidades sensoriales y sus múltiples variantes. Así, podemos encontrar desde estudios "sencillos" sobre la percepción de figuras geométricas (Teghtsoonian, 1965) pasando por fenómenos intermedios como la percepción del calor (J.C. Stevens y S.S. Stevens, 1960; J.C. Stevens y Marks, 1971) y las presiones cutáneas (Verrillo, 1962, 1966) hasta estudios de fenómenos más "complejos" como serían la percepción del dolor y las emociones (Gracely, 1985) entre otros. El estudio de los aspectos "sencillos" mencionados en primer término es muchas

veces útil para sentar las bases o encontrar explicaciones de los fenómenos "complejos".

De esta forma, podemos plantearnos dos puntos de interés: uno teórico (el de los ajustes) y otro práctico (en qué modalidades podemos implementarlos). Profundizando en la parte teórica-metodológica de los ajustes nos encontramos, no solo con las distintas opciones de funciones ajustadas a una misma nube de puntos, sino con el problema de la determinación del mejor ajuste. Esto último ha sido tratado por Birnbaum (1973), McCallum y Goldberg (1975) y Weiss (1981), aunque ninguno ha ofrecido una solución plenamente satisfactoria de los distintos aspectos implicados en el problema. El poder determinar el mejor ajuste a los puntos de la forma  $\langle E, S \rangle$  -donde E es la intensidad del estímulo y S la magnitud de la sensación- nos permite crear un modelo matemático que "explique" esta primera etapa del proceso perceptivo y nos permitirá hacer las subsiguientes predicciones conociendo información parcial del problema. En base a esto, nuestro esfuerzo investigador lo hemos centrado en los siguientes aspectos:

12.- Un primer estudio sobre los ajustes psicofísicos clásicos de la función logarítmica de Fechner y la función potencial de Stevens.

29.- Añadiendo a los supuestos teóricos de las dos posturas iniciales los planteados por Baird y Noma (1978) ofrecemos también, en plan teórico, otras opciones posibles.

39.- Ante las críticas a los supuestos originales (Ekman, 1959; Miller, 1917; Ono, 1967) "mejoramos" los supuestos y creamos otras nuevas opciones de funciones.

42.- Seleccionando algunas de estas funciones, calculamos los respectivos ajustes, pero nos surge la siguiente pregunta: ¿cómo decidir si constituyen modelos explicativos adecuados?. Para ello tradicionalmente se recurre al cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, cuya principal ventaja reside en que, como medida de la bondad de estos ajustes a los datos iniciales, nos indica el grado en que una función se aproxima a estos datos y, por tanto, si el modelo es significativo, puede explicar convenientemente la varianza de la variable dependiente,  $S$ , asociada a la variación de la variable independiente  $E$ . Sus inconvenientes fueron apuntados por Anderson y Shanteau (1977), Birnbaum (1973) y Weiss (1981) entre otros. El argumento más fuerte reside en el hecho de que tomando datos que originalmente no están relacionados de forma lineal, pueden ajustarse significativamente (medido por  $r^2$ ) a un modelo lineal.

Finalmente, y en el caso de encontrar varias funciones explicativas ¿cómo decidir cual es la mejor?. Para ello se

recurre tradicionalmente a la comparación entre los coeficientes de determinación, lo cual requiere que las funciones sean lineales o estén linealizadas mediante una transformación en alguna de sus variables. Con ello se compara si la aproximación de una función lineal a sus puntos, es mejor que la proporcionada por otra función linealizada a otros puntos distintos. Como se sabe, el coeficiente de correlación puede verse influido por la amplitud de valores utilizados y la transformación aplicada para linealizar la función puede afectar al coeficiente de correlación en este aspecto, pudiendo reducir el rango. Por esta razón, hemos preferido, además de calcular la medida habitual de bondad de ajuste, recurrir a otra prueba alternativa. Esta consiste en comparar las varianzas de las desviaciones de los puntos a cada una de las funciones (lineales o no) representadas todas sobre un mismo eje de coordenadas. De esta forma, podemos comparar las conclusiones obtenidas utilizando la medida habitual,  $r^2$ , con las obtenidas aplicando esta varianza error.

Para el cálculo de los ajustes y las elaboraciones posteriores, hemos escogido la modalidad visual y dentro de ella, la estimación de la longitud de segmentos en posición vertical. Esta posición la escogimos para introducir una variante en la forma habitual de presentación del estímulo en campo cerrado. La estimación de la longitud la escogimos por la cantidad de aplicaciones que tiene en la

investigación psicofísica, tanto en el campo de los mapas cognitivos, como en el escalamiento psicofísico y otros. Así, resumiendo nuestro propósito investigador, diremos que vamos a estudiar los ajustes de las funciones psicofísicas comenzando con los dos clásicos de Fechner y Stevens, añadiendo luego otras dos opciones menos comunes (la función lineal y la función potencial generalizada) y una vez que tengamos las cuatro funciones, evaluaremos, mediante los dos índices mencionados (coeficiente de determinación y varianza de error reducida a unos mismos ejes) cual sería, si existe, el mejor ajuste de los datos al modelo teórico explicativo. Todo esto se implementará, como ya hemos mencionado, utilizando la estimación de la longitud de segmentos.

Teniendo presente estos propósitos, nuestro trabajo lo vamos a organizar en otros cinco capítulos. En el capítulo segundo presentaremos las funciones psicofísicas de Weber, Fechner y Stevens, haciendo una revisión teórica de las posturas y supuestos defendidos por estos autores y las críticas posteriores. En el capítulo tercero, y al hilo de los planteamientos de Baird y Noma (1978) presentaremos otras posibles alternativas basadas tanto en supuestos teóricos, como en aquellas modificaciones que se han propuesto para mejorar el ajuste mínimo cuadrático de la función potencial de Stevens (ver sugerencias de Ekman, 1959, y Stevens, 1962). En el capítulo cuarto estudiaremos los problemas relativos a la bondad del ajuste de las

funciones psicofísicas, y de acuerdo con los estudios de Bruvold y Gaffey (1965) y Coleman, Graf y Alf (1981) presentaremos los modelos matemáticos para probar el ajuste de las funciones que nosotros planteamos. En el capítulo quinto, nos introducimos en los estudios experimentales para contrastar nuestros métodos. Estos estudios están constituidos por cuatro experimentos diferentes. En la introducción a ese capítulo quinto describiremos las características de cada uno de estos experimentos, resaltando los aspectos distintivos entre ellos. Las conclusiones finales de nuestro trabajo figuran en el capítulo sexto.

**CAPITULO - II**  
-----

**2. - FUNCION PSICOFISICA.-**

**2.1. - INTRODUCCION.**

**2.2. - LEY DE WEBER.**

**2.3. - LEY DE FECHNER.**

**2.4. - LEY DE STEVENS.**

**2.4.1.- La medida de la sensación  
en Stevens.**

**2.4.2.- Formulación de la función  
potencial.**

**2.4.3.- Generalidad de la Ley de  
Stevens.**

## 2.1.- INTRODUCCION.-

-----

En el estudio de cualquier fenómeno existe una tendencia innata en el hombre a indagar la explicación del mismo, o lo que es lo mismo, a descubrir las leyes que lo rigen. A partir de la simple inspección de los datos observados no se puede, de forma rigurosa, encontrar tal ley, por lo que es necesario disponer de un conjunto posible de leyes o algoritmos que nos permita esta tarea. Esto nos conduce al concepto matemático del ajuste de curvas y, más en particular para nuestro caso al enfoque estadístico de la regresión teórica concentrándonos en el caso bidimensional.

Si tenemos dos variables aleatorias , X e Y, con una función de densidad conjunta  $f(x,y)$ , definimos la función de regresión de Y sobre X como la esperanza matemática de la distribución condicionada de Y para cada valor  $x_1$  de X que puede expresarse de la siguiente forma:

$$E(Y/X=x_1) = \int Y f(Y/X=x_1) dY = g(x_1)$$

De este modo, la función de regresión de Y sobre X es una función tal que a cada valor  $x_1$  de la variable X le corresponde el valor medio o esperanza matemática  $\mu_{Y/X} =$

$F(Y/X=x_1) = g(x_1)$  de la función de densidad condicionada  $f(Y/X=x_1)$ . Se trata simplemente de una curva que recoge la distribución de la media de Y para diversos valores de X. Si hacemos  $E(Y/X=x_1) = y$ ; dicha curva puede expresarse como  $y = g(x)$ . El problema básico descansa, por tanto, en investigar qué clase de función g entre todas las posibles, proporciona la mejor representación o ajuste a los puntos (X,Y) en donde la variable y esta ligada a x por la relación funcional  $y = g(x)$ .

La obtención de la curva de regresión  $g(x)$  que mejor se adapta a la relación (X,Y), puede conseguirse mediante diferentes criterios de optimización que dan lugar a otros tantos procedimientos de ajuste. Entre todos ellos, seleccionamos el ajuste mínimo cuadrático, que facilita la función g que mejor se aproxima a la relación entre las variables X e Y. Bajo el criterio mínimo cuadrático, la mejor función g posible, es decir, la curva óptima será aquella que minimiza la expresión:

$$E[y-g(x)]^2 = \iint [y-g(x)]^2 f(xy) dx dy$$

denominada error cuadrático medio. Teniendo en cuenta la conocida propiedad de las distribuciones unidimensionales de que el valor que hace mínima la expresión  $E(\epsilon - \alpha)^2$  es  $\alpha = E(\epsilon)$

se puede probar que la función  $g$  que minimiza la expresión anterior es precisamente:

$$g(x) = E(Y/X = x)$$

que hemos denominado curva de regresión de  $Y$  sobre  $X$ .

Ahora bien, para llegar a obtener la función  $g(x)$  que proporciona la mejor representación de la relación existente entre las variables  $X$  e  $Y$  es necesario conocer a que clase de función pertenece: si es lineal, logarítmica, potencial o exponencial, etc. Cuando se conoce la clase de función, el problema queda reducido al ajuste de una función de tipo conocido a los puntos de una distribución obteniendo los parámetros que la definen bajo el criterio mínimo cuadrático. En la búsqueda de dichos valores numéricos se necesita, en rigor, disponer de la totalidad de los datos relativos a las variables  $X$  e  $Y$  que integran la población bidimensional, de distribución probabilística  $f(xy)$ . Sin embargo, en la práctica no siempre es factible hacerlo y por lo común sólo es posible trabajar con datos relativos a una parcela reducida de la población, es decir, operamos con muestras aleatorias extraídas de dicha población y el problema, en la práctica, se reduce a representar unos valores discretos  $(X, Y)$  por una función  $y = g(x)$  minimizando la expresión:

$$\sum [y - g(x)]^2$$

que conduce al denominado sistema de ecuaciones normales de las que se obtienen los valores de los parámetros.

Cuando la variable  $X$  se refiere a intensidades estimulares  $E$  y la variable  $Y$  a los valores de la sensación  $S$  que producen, nos encontramos ante lo que se denomina una función psicofísica que describe la relación entre  $E$  y  $S$  cuya búsqueda constituye uno de los objetivos centrales de la psicofísica y de este trabajo.

Aunque los orígenes de la psicofísica pueden remontarse a los tiempos de Hiparco (150 a.C.) que propuso una medida de uso práctico para la magnitud de las estrellas a partir de la luminosidad aparente, los primeros intentos serios de formular una función psicofísica se pueden situar en el S. XVIII. Cramer (1728) y Bernoulli (1738) con sus estudios sobre el valor psicológico del dinero comenzaron la polémica del tipo de función que relacionaba la utilidad y el valor. Así, mientras Cramer propone una función potencial con exponente 0.5, Bernoulli defiende la función logarítmica. Años más tarde Kruger (1743) propone que la sensación crece proporcionalmente a la intensidad del estímulo, pero no fue hasta casi un siglo después cuando las investigaciones de Weber causaron un gran impacto en la psicología dando origen, prácticamente, al nacimiento de la psicofísica como disciplina experimental.

2.2.- LEY DE WEBER

---

Las investigaciones de Weber (1834) iban dirigidas a descubrir una relación entre los valores críticos del estímulo, umbral diferencial, y la magnitud del estímulo. El umbral diferencial mide la cantidad mínima necesaria de cambio en el estímulo para que el sujeto perciba que dos estímulos son distintos. Está relacionado, por tanto, con la percepción que tiene el sujeto de un cambio en el estímulo. A la percepción diferencial se le llama diferencia justamente perceptible, djp. Trabajando principalmente con discriminación de pesos, Weber encontró una relación lineal entre el tamaño del umbral diferencial y la intensidad del estímulo. Así, el incremento en la intensidad estimular que se necesita para producir una djp es siempre una fracción constante de la intensidad del estímulo. La principal implicación de la ley de Weber es que cuanto mayor es la magnitud del estímulo, mayor es el incremento o decremento necesario que tiene que producirse para que se produzca una diferencia justamente perceptible en la magnitud de la sensación. Esta relación es conocida como ley de Weber que expresada en forma matemática es:

$$\Delta E / E = K$$

donde  $\Delta E$  es el umbral diferencial,  $E$  es el estímulo y  $K$  es una constante característica de cada sistema sensorial. En el caso de longitudes subjetivas de líneas alcanza valores comprendidos entre 0,3 y 0,5 (Ono, 1967) y es considerada por distintos autores (Baird y Noma, 1978; Myers, 1982) como una medida de la sensibilidad. Al ser  $K$  un número adimensional, permite comparar entre sí las sensibilidades entre dos continuos sensoriales diferentes, ya que no es posible comparar el umbral diferencial,  $\Delta E$ , que para diferentes continuos sensoriales vendrían expresadas en distintas unidades de medida (Ponsoda, 1986). Por esta razón y debido a que, como veremos más tarde, fue utilizada por Fechner para proponer su función logarítmica, la ley de Weber causó un gran impacto en su época dando origen, prácticamente a la disciplina psicofísica. Esta ley tuvo, sin embargo, fuertes críticas que giraban alrededor de dos aspectos: no era universal, ni exacta. Es decir, no parecía válida para todas las modalidades sensoriales y, aún dentro de una modalidad determinada, no se cumplía en los extremos del continuo.

Los estímulos de alta y baja intensidad, próximos a los umbrales, no se ajustaban a esta Ley. Como señala Ono (1967) hay razones empíricas y racionales que permiten dudar de esta ley tal y como aquí hemos establecido. Para explicar estas desviaciones, se propusieron varios tipos de soluciones. Una de ellas se refería a que, en las zonas extremas del continuo,

operaban distintos procesos fisiológicos, similares a los que operan en el sistema visual en condiciones de baja y media iluminación. Fechner (1860) fue el primero en proponer una modificación de la Ley de Weber como sigue:

$$\Delta E = K \cdot E + c$$

que posteriormente fue establecida de esta forma por Miller (1917) y denominada ley de Weber generalizada. Galanter (1962) señala que esta ecuación es más razonable porque considera la existencia del umbral absoluto  $E_0$  (siendo  $c = E_0$ ). Otra solución proponía una modificación a la Ley de Weber, según la cual, la intensidad del estímulo  $E$  que determina el umbral diferencial,  $\Delta E$ , puede no ser exactamente  $E$ , sino  $E$  más una cantidad constante,  $a$ , tal que:

$$\Delta E / (E + a) = K$$

(Ekman, 1959) y donde "a" es un valor constante que ha sido interpretado por Stevens como un valor relacionado con el umbral y Ekman lo relacionaba con el nivel de ruido del sistema sensorial. Puesto que el ruido sensorial se produce como una actividad espontánea en el sistema nervioso, su valor, aunque pequeño, tiene una gran influencia para intensidades bajas de estimulación. Esta modificación de la ley de Weber, fue bien acogida por cuanto asociaba el valor de "a" con el nivel de actividad espontánea del sistema nervioso

(ruido sensorial) y proporcionaba un criterio unificador para la interpretación de los umbrales absoluto y diferencial.

De esta forma, el umbral absoluto se entiende como el valor del estímulo necesario para incrementar la actividad nerviosa por encima del nivel de actividad espontánea, mientras que, el umbral diferencial, por su parte, puede entenderse como el cambio necesario en la intensidad del estímulo, para producir una diferencia crítica en el nivel de ruido sensorial asociado con dos intensidades de estimulación. Con estas modificaciones, la función de Weber se convierte en una familia de curvas que relaciona una medida de incertidumbre de una variable psicofísica (como  $\Delta E$ ) con su valor central. La ley de Weber es un caso especial de función de Weber (Eisler, 1963) que Fechner asume, junto con otros postulados para deducir su función logarítmica como veremos en el apartado siguiente.

La psicofísica se centró, durante mucho tiempo, en la experimentación de la Ley de Weber para distintos continuos sensoriales, y en la medición de los umbrales con las distintas técnicas psicofísicas de Fechner al uso -error promedio, estímulos constantes, técnica de los límites, etc.- cuya descripción queda fuera del objetivo de este trabajo. Sin embargo, asumiendo la ley de Weber, podemos especificar más

fácilmente los valores del estímulo que producen incrementos sucesivos en la magnitud de la sensación. Por ejemplo, si para un continuo sensorial determinado obtenemos que el umbral absoluto es 10 y la constante de Weber  $K = 1/25$ , el valor de  $E_1$  correspondiente a 1 djp es  $10 \cdot (1/25) + 10 = 10,4$ . Para la 2ª djp es  $10,4 \cdot (1/25) + 10,4 = 10,816$ , etc. De esta forma tenemos los valores del estímulo y su correspondiente medida de la sensación en unidades de djp. Dibujadas sobre un eje de coordenadas, en el eje de abscisas los valores del estímulo y en el eje de ordenadas el correspondiente número de unidades de djp como medida de la sensación, los puntos obtenidos pueden ser descritos por una función logarítmica que Fechner pudo derivar matemáticamente, según veremos a continuación.

### 2.3. LEY DE FECHNER.-

-----

Las investigaciones de Fechner se originaron con los intentos de establecer una relación precisa entre los hechos físicos y mentales, centrándose en la idea de que mente y cuerpo eran una misma cosa, pero constituían dos vías alternativas de registrar el mundo exterior. Intentó a través de la medida y la cuantificación derivar una ecuación matemática que describiese la relación entre los hechos físicos y la experiencia consciente. Sus primeros intentos iban dirigidos al estudio mente-cuerpo, intentando describir

la relación entre el estímulo y la actividad mental, a la que se denominó psicofísica interna. Ante las dificultades de la cuantificación de los hechos mentales, la psicofísica interna fue replanteada en términos de estímulos-sensaciones dando origen a la psicofísica externa. La medida de los hechos físicos, los estímulos, no planteaban ninguna dificultad, pero la medida de la sensación fue origen de una intensa y fructífera polémica. En la primera mitad de este siglo, gracias a la gran contribución que aportó la nueva teoría de la medida de Stevens, se intentó ofrecer una medida del mundo subjetivo semejante a la del modelo impuesto por el mundo físico. Sin embargo, aun hoy día, existen críticas incluso sobre la posible existencia de una medida de la sensación.

Para Fechner, la sensación podría medirse indirectamente contabilizando el número de djp, a partir del umbral absoluto al que corresponde un nivel de sensación  $S = 0$ . Propuso que la magnitud de la sensación podría ser cuantificada relacionando los valores de  $\Delta E$ , en la escala física, con el número de djp en la escala de la sensación. Es una medida indirecta porque no se le pide al sujeto que cuantifique, sino que se mide la sensación a través de las unidades del continuo físico en el que se mide el estímulo.

Su supuesto principal es que todas las  $d_j p$  son incrementos psicológicamente iguales en la magnitud de la sensación con independencia del tamaño de  $\Delta E$ . Así, establece las  $d_j p$  como unidad de medida de la magnitud de la sensación, porque es el cambio más pequeño que puede detectarse y tendrá, por tanto, psicológicamente el mismo valor. Con este postulado y asumiendo la ley de Weber establece una ecuación que relaciona los hechos físicos con la experiencia consciente que le permite obtener la función logarítmica de la siguiente forma:

Con estos supuestos:

- Ley de Weber:  $\Delta E = K.E$

-  $\Delta S = c$

establece la relación:

$$\frac{\Delta E}{\Delta S} = K \frac{E}{C}$$

$$\Delta S = \frac{C \cdot \Delta E}{K \cdot E}$$

que mediante el principio matemático auxiliar, se transforma en una ecuación diferencial

$$dS = h \cdot \frac{dE}{E} \quad \text{siendo } h = C / K$$

que le permite integrar

$$dS = h \cdot \frac{dE}{E}$$

para llegar a la función logarítmica que lleva su nombre y que ha sido elevada (exageradamente) al rango de ley.

$$S = a + h \cdot \ln E$$

donde  $h$  es una constante que depende de cada modalidad sensorial ya que es función de la constante de Weber y de la unidad de  $\Delta S$  y  $a$  es la constante combinada de las dos integraciones. De esta función se desprende que cambios aritméticos en el nivel de sensación se corresponden con incrementos geométricos en el nivel del estímulo y podemos calcular la magnitud de la sensación producida por una intensidad específica del estímulo.

El trabajo de Fechner generó a la par de una abundante experimentación para contrastar su ley, una fuerte polémica dirigida tanto, a la posibilidad de medir la sensación, como a los supuestos en los que se apoya. Entre las críticas encontramos:

- Primeramente, la ley de Fechner solo es válida en la medida en que se cumpla la ley de Weber, y hemos señalado que no se cumple para valores próximos al umbral, por lo que la ley de Fechner queda necesariamente restringida a la amplitud de valores estimulares para los que se cumple la ley de Weber.

- Por otra parte, pruebas experimentales han demostrado que las djp asociados a la dimensión del estímulo no son psicológicamente iguales (Stevens 1936) y se han propuesto algunas modificaciones, apuntadas por Brentano y Plateau, de que la ley de Weber también se cumple en el continuo sensorial.

- También en el campo teórico, Luce y Edwards (1958) encuentran que, exceptuando algunos casos especiales, como la ley de Weber, la definición de la igualdad de las djp de la sensación y el principio matemático auxiliar son mutuamente contradictorios, demostrando la incorrección del principio matemático auxiliar, o de la ley de Weber, cuando se generaliza a otras situaciones.

Continuando con el desarrollo histórico, encontramos el surgimiento de la alternativa potencial que ahora discutiremos.

2.4.- OPCION POTENCIAL Y LEY DE STEVENS:  
-----

Corriendo el tiempo otros autores, como Brentano y Plateau, intentando demostrar el supuesto de Fechner de la igualdad de las djp, encontraron una función potencial, en lugar de logarítmica, para describir la relación entre el estímulo y la sensación. Plateau (1872) desarrolló la técnica de bisección cuando pidió a una serie de artistas que pintaran un color gris intermedio entre el blanco y el negro. De esta forma, se pedía a los sujetos que produjeran intervalos sensoriales aparentemente iguales. Con esta técnica, Plateau intentó demostrar la igualdad de las djp y la función logarítmica de Fechner, sin embargo observó, muy al contrario, que la ley de Weber también se cumple en el continuo sensorial, es decir,  $\Delta S = CS$ , obteniendo una función potencial, en lugar de la logarítmica, para describir la relación entre la luminosidad aparente y la intensidad de la luz.

El paso de la función logarítmica de Fechner a la potencial propuesta en esta misma época por Plateau, se debe a una importante diferencia teórica, que consiste en que mientras Fechner mide la sensación indirectamente, Plateau la mide sobre una escala de intervalos o de razón, en los cuales se asume que los sujetos son capaces de hacer juicios válidos

de la igualdad de intervalos sensoriales. Sin embargo, los trabajos de Plateau no tuvieron demasiada resonancia y no fueron confirmados en otros laboratorios, por lo que el mismo Plateau pensó que su conclusión había sido defectuosa y renunció a la función potencial.

Merkel, por otro lado, introduce posteriormente, en 1888, las técnicas directas de medida de la sensación, cuando preguntaba a los observadores que ajustaran un estímulo de forma que produjeran una sensación doble que la producida por otro estímulo. Sin embargo, no fue hasta los años 50 cuando los investigadores comenzaron a refinar estas técnicas, principalmente Stevens y sus colaboradores. Es en esta época cuando Stevens propone abandonar las técnicas clásicas de Fechner, y plantea otras nuevas más acordes con sus nuevos planteamientos. Stevens no trataba por tanto, de continuar ni enriquecer la postura de la psicofísica de Fechner y una prueba de ello son sus propias palabras : "... su edificio (el de Fechner) nunca será destruido, sino simplemente abandonado en favor de otras estructuras más apropiadas" (Stevens, 1975).

La causa de este cambio de orientación, se debe a la influencia que la corriente conductista de principios de siglo tuvo en toda la psicología en general y en Stevens en particular, el cual, propuso redefinir la psicofísica externa

en términos de estímulos y respuestas públicamente observables dando origen al nacimiento de lo que se ha denominado la "nueva psicofísica". Esta nueva corriente opuesta a la "vieja psicofísica" representada por Fechner, se ha caracterizado por la aplicación de nuevas técnicas psicofísicas para la medida de la sensación, cuya descripción abordamos a continuación antes de exponer la formulación de la función potencial según Stevens.

#### 2.4.1.-La Medida de la Sensación en Stevens.-

---

Para Stevens, la sensación podía ser medida directamente mediante una serie de técnicas. Entre ellas, la más utilizada es la técnica de estimación de magnitudes propuesta por Richardson y Ross (1930) en un experimento sobre percepción de distintos tonos. A cada sujeto se le pediría que juzgase en términos numéricos una serie de tonos con relación a un estímulo estándar, al que se le asignaba el valor 1. Esta técnica fue olvidada durante largo tiempo y redescubierta, como hemos dicho, posteriormente por Stevens (1957) que describió dos formas principales de aplicarla, de la cual existen en la actualidad varias modificaciones.

En algunas de estas versiones al observador se le presenta un estímulo estándar y a la sensación que produce se le asigna un cierto valor numérico denominado módulo. Posteriormente se presentan otros estímulos y el observador tiene que asignar números indicativos a la sensación con relación al estímulo estándar. En otras, el experimentador no revela el módulo y es el propio sujeto el que lo asigna. Los estímulos se presentan en orden aleatorio. Unas veces se presenta el estímulo estándar antes de cada presentación y en otras versiones se presenta una sola vez al comienzo del experimento.

Por lo tanto, en las instrucciones que se le proporcionan a los sujetos que realizan el experimento, hay que considerar tres puntos importantes:

- A los sujetos se les pide claramente que deben asignar números en relación directa a la sensación.
- El estímulo estándar se puede aplicar de diferentes maneras, puede aparecer siempre delante de la presentación de cada estímulo comparativo. También puede aparecer: a intervalos regulares durante el experimento; solo una vez al comienzo de la sesión; solamente cuando el sujeto lo solicita, y al final.

- Intimamente relacionado con el estímulo estandar, está la cuestión del módulo, que como ya se ha señalado, es el valor asignado a este estímulo para representar su magnitud física. Este módulo puede asignarlo el experimentador o bien el propio observador y puede ser un valor fijo o variable en cada ensayo.

Así, mediante esta técnica, se pide a los sujetos una respuesta numérica que indique la sensación producida por un estímulo y se admite su respuesta como verdadero nivel de sensación. Como hemos señalado, con la estimación de magnitudes, la respuesta es un número que se empareja a un determinado nivel de estimulación.

Otra técnica utilizada es la de producción de magnitudes. Aquí el observador manipula la intensidad del estímulo para emparejarla con un número propuesto por el experimentador.

Una tercera técnica es la de modalidades cruzadas. En esta, la respuesta del observador es una intensidad estimular que se empareja con otra intensidad estimular de un continuo diferente propuesto por el experimentador. Attneave (1964), Ekman (1961) y Stevens (1966) sugieren que la prueba de

estimación de magnitudes puede ser considerada como una prueba de emparejamiento de modalidades cruzadas, en la cual la sensación ante el estímulo se empareja con la sensación ante el número para producir una respuesta.

Finalmente, mencionaremos la equisección. Aquí se pide al observador que divida un continuo estimular en varios intervalos aparentemente iguales. Con este procedimiento el observador, o el experimentador, eligen un número determinado de estímulos que producen sensaciones equidistantes sobre el continuo psicológico. La técnica de bisección aplicada por Plateau es un caso especial de la equisección. Consideraba que el color gris dividía el continuo blanco-negro en dos intervalos sensoriales aparentemente iguales, y pedía a los sujetos que intercalasen otros tonos de grises.

Estas técnicas no son las únicas que permiten medir directamente la sensación, pero son las más utilizadas por la nueva psicofísica y tienen sus ventajas e inconvenientes que han sido ampliamente expuestos en Garriga (1985).

2.4.2.- Formulación de la Ley de Stevens.-  
-----

Utilizando estas técnicas de medida directa de la sensación aplicada a distintos continuos estimulares, Stevens procedió a ajustar curvas a los pares E-S obtenidos y, en la mayoría de los casos, cuando en los continuos estimulares se cumple la ley de Weber, el mejor ajuste lo proporciona la función potencial, de expresión.

$$S = K \cdot E^n$$

donde S es la respuesta del sujeto referida al nivel de sensación y E el nivel de intensidad del estímulo. Los valores de los parámetros K y n dependen de las modalidades sensoriales.

Para la formulación de esta ley, se parte de los siguientes supuestos:

- Ley de Weber  $\Delta E = K(1)E$

-  $\Delta S \neq \text{cte}$                        $\Delta S = K(2)S$

con los cuales, se establece la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{K(2)S}{K(1)E} \quad \frac{\Delta S}{K(2)S} = \frac{\Delta E}{K(1)E}$$

- Los valores  $\Delta E$  y  $\Delta S$  se transforman en  $dE$  y  $dS$  respectivamente, con lo que podemos formular la relación:

$$\frac{1}{K(2)} \frac{dS}{S} = \frac{1}{K(1)} \frac{dE}{E} \quad \text{que se puede integrar}$$

$$\frac{1}{K(2)} \int \frac{dS}{S} = \frac{1}{K(1)} \int \frac{dE}{E}$$

de donde se obtiene  $S = K E^n$

Así, la ley de Stevens dice que la magnitud subjetiva crece proporcionalmente a una potencia positiva de la intensidad física del estímulo. Dicho de otra forma, si el estímulo aumenta de forma geométrica, la sensación también aumenta geoméricamente. El valor del exponente es una medida de la sensibilidad en ajustes individuales y es propio de cada continuo estimular, con valores que varían desde 0,33 para el brillo hasta 3,5 para la descarga eléctrica, pasando por el valor de 1 para la estimación de longitudes subjetivas de segmentos.

A pesar de su amplia aceptación, la ley de Stevens ha sido muy criticada por lo que no puede considerarse como una ley universal.

#### 2.4.3.- Generalidad de la Ley de Stevens.-

---

Desde su formulación la función potencial se ha encontrado en muchos continuos sensoriales, pero no ha sido universalmente aceptada por las siguientes razones:

- a) No se cumple en todas las modalidades sensoriales, y
- b) Dentro de cada modalidad sensorial se obtienen exponentes distintos.

Respecto al primer punto, las investigaciones dirigidas a estudiar la falta de generalidad de la ley de Stevens, llevaron con el paso del tiempo a la distinción entre los distintos tipos de continuos subyacentes en las distintas modalidades sensoriales. En la actualidad se reconoce la distinción hecha por Stevens (1957) entre continuos metatéticos y protéticos, pero casi no se utiliza.

En el continuo protético las excitaciones nuevas se añaden a las ya existentes, provocando con ello un aumento en la intensidad de la sensación y están basadas en mecanismos neurales aditivos. Entre estos continuos se incluyen, entre otros, las escalas "gust" para medir el sabor, la escala "bril" para medir el brillo, la escala "sone" para volumen del sonido (Loudness) y la escala "mak" para medir longitudes visuales subjetivas.

En el continuo metatético se incluyen aquellos en los cuales se producen efectos de discriminación que parecen descansar sobre diferencias en el centro de excitación, es decir, se dan procesos fisiológicos sustitutivos ya que las nuevas excitaciones sustituyen a otras que ya han desaparecido, manteniéndose así sensaciones independientes.

Stevens y Galanter (1957) señalan que la distinción entre estos dos continuos es más amplia que la tradicional entre intensidad y cualidad sensorial. Por otra parte, Stevens (1960) está de acuerdo con Pieron (1955) en señalar que muchos de los continuos clasificados como protéticos se basan en mecanismos más complejos que la adición de excitaciones. En base a esto, Stevens y Galanter proponen la necesidad de definir un conjunto de criterios funcionales que permitan

clasificar los continuos dentro de una de estas categorías.

Estas serían las siguientes:

- La igualdad subjetiva de las djp se cumple para continuos metatéticos y no para los protéticos.

- El error temporal de orden, que se refiere al hecho de que el segundo de los estímulos iguales tiende a juzgarse más grande que el primero (Stevens, 1957), suele producirse en continuos protéticos.

- La histerisis, término acuñado por Stevens (1957) y tomado de la física, describe lo que ocurre cuando la distancia aparente entre estímulos sucesivos se juzga diferente en distintos órdenes, ascendentes o descendentes. Esto se produce, según Stevens, en los continuos protéticos.

- La forma de la relación entre las distintas escalas. Stevens (1957) señala que hay dos tipos de escalas psicofísicas que pueden ser construidas para cualquier continuo psicofísico (aunque posteriormente reconocería muchas más). Aquellas que requieren que los sujetos hagan una partición del continuo en un número dado de categorías (escala de categorías) y aquellas en las que se requiere que el sujeto haga estimaciones de la magnitud subjetiva utilizando razones entre magnitudes subjetivas de distintos estímulos (escala de razón). Afirma

que la forma como se relacionan estas escalas es diferente en estas dos clases de continuos. En los continuos metatéticos las dos escalas miden el mismo aspecto -la discriminación - por lo que los resultados obtenidos se tendrían que relacionar linealmente. Sobre continuos protéticos, el aspecto relevante no es sólo la discriminación, sino la magnitud de la sensación. Puesto que la discriminación entre dos sensaciones no se corresponde con la magnitud entre ellas, los datos obtenidos con estas escalas no se relacionan linealmente.

A pesar del establecimiento de estos cuatro criterios, Stevens y Galanter concluyen que, sin embargo, no hay pruebas suficientes que permitan aceptarlos de forma concluyente como criterios funcionales para distinguir a estos continuos.

Por otra parte, otros autores como Ekman (1959), añaden otros criterios, por ejemplo que la ley de Weber se cumple en los continuos protéticos y no en los metatéticos.

Un último criterio diferenciador ha sido señalado por Bardin, K.V; Mikhalevskaya, M.B y Skotnikova, (1982) (citado en Garriga, 1985) que utilizando la técnica del error constante encuentran que la distribución de los errores es normal y la desviación típica constante en el continuo metatético, no

dándose estas condiciones en el protético. Con todo, actualmente la mayoría de los investigadores del tema renuncian a esta clasificación asociada, en su base, a la disyuntiva Fechner - Stevens.

Una vez tratada la falta de generalidad de la ley de Stevens en las distintas modalidades sensoriales considerando el aspecto subyacente de los distintos tipos de continuos, pasamos a considerar el segundo punto: dentro de cada modalidad sensorial se han encontrado valores distintos para el exponente. Los estudios experimentales señalan varios factores que cambian este valor. Algunos de estos, son:

- Los asociados a las técnicas. Estos incluyen las instrucciones dadas en general, la utilización del continuo numérico para la estimación en particular, el estímulo estándar, el valor de su módulo, la unidad de medida utilizada y la amplitud de valores estimulares empleada.

- Los asociados con las diferencias individuales. Estas pueden deberse, según estudios recientes, a factores sensoriales (sensibilidad diferencial) y a factores cognitivos (por ejemplo, la utilización del número mencionado anteriormente en las técnicas)

Respecto a las técnicas, Stevens señala que la estimación de magnitudes puede subestimar el exponente. El exponente más pequeño se obtiene con la equisección, seguida por la estimación de magnitudes y siendo éste más pequeño que el obtenido con producción de magnitudes (Teghtsoonian y Teghtsoonian, 1978) y producción de razones (Ramsey, 1979). Ward (1971, 1973) encuentra que el exponente de la función potencial ajustada a datos obtenidos con estimación de magnitudes, es aproximadamente el doble que el que se obtiene cuando se aplica la producción de magnitudes. Esta diferencia la explica en razón de los números que se emplean como respuestas. Estos están limitados cuando se trata de producción de magnitudes, mientras que con estimación de magnitudes, el observador dispone de un número infinito de números reales positivos como posibles respuesta.

En este sentido, Stevens y Galanter (1975) y Gibson y Tomko (1972), han proporcionado datos que indican que ambos exponentes se aproximan cuando el número y amplitud de las respuestas disponibles en la producción de magnitudes, son similares a las empleadas bajo la situación de estimación de magnitudes. Estas técnicas tienen tres aspectos específicos e importantes: la utilización del continuo numérico para la estimación, el empleo del estímulo estandar y la cuestión del módulo. Podríamos también añadir la amplitud de los valores estimulares y la unidad de medida utilizada en la estimación.

Poulton (1968, 1979), Teghtsoonian.R (1973), Teghtsoonian y Teghtsoonian (1978) y Da Silva (1985), encuentran que el exponente disminuye a medida que aumenta la amplitud de los valores numéricos disponibles como respuestas. Estos resultados son coherentes con la explicación de Ward, señalada anteriormente, respecto a las diferencias encontradas en el exponente de la función potencial cuando se aplica la estimación de magnitudes o la estimación de categorías.

En cuanto a un aspecto del estímulo estándar, J.C.Stevens y Tulving (1975), Engen y Levy (1955), Baird y Stein (1970) y Macmillan, N.A; Moschetto, C.F; Bialostozky, F.M y Engel, L. (1974), señalan que la presencia del estímulo estándar durante todo el experimento incrementa el tamaño del exponente contrariamente a los resultados obtenidos posteriormente por Da Silva y Dos Santos (1982).

Otras investigaciones han ido dirigidas a estudiar la influencia de la posición del estándar dentro del rango estimular. Así Engen y Levy (1955), Stevens (1956), J.C. Stevens y Tulving (1957), Beck y Shaw (1961, 1965), Hellman y Zwislocki (1961), Engen y Lindström (1963), Engen y Ross (1966), encuentran que cuando el estímulo estándar ocupa una posición extrema dentro de la amplitud de valores estimulares, el exponente de la función potencial es menor que cuando el

estímulo estándar ocupa una posición central. Los resultados obtenidos por Ekman (1961) y por Eymann y Kim (1970) difieren en cierta medida de los anteriores, cuando observa que el exponente aumenta a medida que se incrementa la magnitud del estándar y resulta ser contradictorio a los resultados obtenidos por Ross y Di Lollo (1968), que obtienen una alta correlación negativa entre la magnitud del exponente y la intensidad del estímulo estándar. En cualquier caso y a la vista de estas experiencias contradictorias, parece claro que la posición del estándar influye en las respuestas y, por ello, en el exponente, pero no está totalmente clara la dirección de esta relación. Tal vez, la explicación resida en las distintas modalidades utilizadas.

Todas estas cuestiones han llevado a su vez, a plantear que no existen razones suficientes para defender la utilización del estímulo estándar. Marks (1974) señala que la amplitud de respuestas de los sujetos es más amplia cuando se emplea un estándar situado en los valores centrales de la escala que cuando no se emplea ninguno. Sin embargo no parece que esta diferencia, en sí misma, sea razón suficiente para no requerir la utilización del estándar ya que otros autores han encontrado que dando ese punto de referencia, los ajustes son mejores.

En contra de este punto de vista, se puede argumentar que el estándar existe siempre, aun cuando el experimentador no lo designe así, ya que el observador utilizará siempre el primer estímulo como referencia y cada sujeto tendrá su propio módulo. J.C. Stevens y Tulving (1957) muestran con sus datos que cuando el sujeto asignaba libremente un número al primer estímulo, la pendiente de la función se relacionaba con el tamaño de este número, con independencia de la intensidad del estímulo que se mantenía constante en estas circunstancias. También podríamos pensar que, en algunas modalidades, el estándar es producido por la experiencia anterior del sujeto en la tarea asignada o en tareas análogas.

Otros autores, entre ellos Hellman y Zwislocki (1961), también encontraron un efecto de interacción entre la magnitud del estándar y su módulo. Los cambios en el estándar y el módulo tienden a producir efectos opuestos. Así cuando se utiliza un estímulo de baja intensidad como estándar, el efecto producido es el mismo que el de asignar un módulo grande. De algún modo, el efecto de cambiar la magnitud del estándar (o del módulo) puede compensarse por un cambio apropiado en el módulo (o en su magnitud). En otras palabras, se produce un efecto similar cuando se proporciona un estándar pequeño con módulo pequeño, que un estándar mediano con módulo mediano, que un estándar grande con módulo grande. Beck y Shaw

(1965) y Engen y Ross (1966) encontraron interacciones similares a éstas.

Otros factores que afectan al exponente y que pueden incluirse dentro de este apartado de las técnicas, se refieren a la unidad de medida utilizada en la estimación y la amplitud de los valores estimulares. Así, Weiss (1981) y Myers (1982) encontraron que utilizando la misma técnica psicofísica, el exponente variaba dependiendo de la unidad de medida utilizada en la presentación. Baird (1970), Teghtsoonian y Teghtsoonian (1978) y Da Silva (1985), observaron que manteniendo constante la amplitud de los valores estimulares, el exponente variaba en función de las distintas técnicas aplicadas. También R. Teghtsoonian (1971) ha mostrado que los exponentes descritos por S.S. Stevens y sus colaboradores para los distintos continuos sensoriales que se han estudiado, pueden ser predichos con relativa exactitud a partir de la amplitud de las intensidades estimulares empleadas.

En cuanto a las instrucciones, autores como Coltheart (1969) y Pashak, Tyer y Allen (1985), introducen en las instrucciones la indicación de las distancias de los objetos, consiguiendo estimaciones precisas del tamaño de éstas. En otros laboratorios, por el contrario, se ha encontrado que, bajo la instrucción de distancia conocida se produce una

sobreestimación del tamaño (Singer, Tyer y Pasnak, 1982) o bien se producen estimaciones precisas para estímulos grandes pero sobreestimación para estímulos pequeños (Tyer, Allen y Pasnak, 1983). Estas variables resultan ser de especial importancia en estudios de tamaños realizados en campo abierto. Cuando los experimentos se realizan en lugares cerrados, o los estímulos se presentan mediante taquistoscopio como nosotros hemos hecho, la indicación de la distancia carece de importancia. Si tiene relevancia, en cuanto a las instrucciones, la distinción hecha por Stevens (1958) entre la estimación de la magnitud subjetiva o aparente y la estimación de la magnitud física. En esta línea se encuentra el trabajo de Teghtsoonian (1985), que estudió el efecto de las instrucciones sobre el exponente de la función potencial en algunos continuos estimulares, concretamente, en estudios sobre la estimación del tamaño de figuras geométricas. Concluye que los resultados son ambiguos cuando las instrucciones que se deben dar a la hora de definir la prueba que hay que realizar son poco claras. Así, a un grupo de sujetos les dio la instrucción de "tamaño aparente" y a otro que juzgasen el "tamaño físico" de una figura cuadrada. Bajo la instrucción de tamaño físico, el exponente de la función potencial era mayor que el obtenido bajo la instrucción de tamaño aparente. Sin embargo, no encuentra esta influencia cuando utiliza como continuo la longitud de líneas, obteniendo exponentes muy similares, de 0.98 bajo la instrucción de longitud aparente y 1.02 para longitudes físicas. Estos son

valores muy próximos a la unidad que es el exponente encontrado por Comrey (1950), Stevens y Galanter (1957), Stevens y Guirao (1963), Maehhour y Hosman (1968), Weiss y Anderson (1969), Anderson (1974) y Bogart (1979), para la estimación de longitudes de segmentos y en general el propuesto por otros autores como Gogel y Martens (1967), Gogel (1968), Fitzpatrick, Pashak y Tyer (1982), Tyer, Allen y Pashak (1983), para la estimación de tamaño. En base a esto, Teghtsoonian (1965) concluye que la habilidad de los sujetos para hacer juicios fiables de áreas depende de su habilidad para estimar con precisión longitudes de líneas.

Como último punto de este apartado, trataremos la cuestión referida a las diferencias individuales.

Graham y Ratosh (1962) han criticado el tratamiento de la estimación de magnitudes de Stevens, señalando que las respuestas dadas por los sujetos no son respuestas numéricas genuinas y lo que se debe hacer es promediar los estímulos que provocan una misma respuesta y no a la inversa. Lo cierto es que usualmente no se procede de esta forma, y se promedian las estimaciones de varios sujetos a un mismo estímulo. Esto conduce a un exponente para cada modalidad sensorial y para cada situación experimental. Sin embargo, la verdadera

representatividad del exponente puede ser cuestionada si se encuentran diferencias individuales estables en el tiempo.

A lo largo del tiempo, distintos autores como Garner (1954), Jones y Marcus (1961), Bernyer (1962), Pradham y Hoffman (1963), Stevens y Guirao (1964), Ekman, Hosman, Lindman, Ljungberg y Akesson (1968), Mitchell y Gregson (1971), Teghtsoonian y Teghtsoonian (1971, 1983), Logue (1976), Walsh y Browman (1978), Hellman (1981) y Da Silva y Fukusima (1986), han encontrado diferencias individuales en el exponente de la función potencial. Como evidencia de estas diferencias, se estudia la correlación entre los exponentes individuales en dos sesiones separadas en el tiempo y en base a esto, siendo el estudio más completo el debido a Teghtsoonian y Teghtsoonian (1971), concluyen que los factores que producen estas diferencias son estables durante cortos periodos de tiempo, siendo por tanto efímeras, por lo que no pueden considerarse como características permanentes y duraderas. Esta estabilidad durante cortos periodos de tiempo, puede deberse a los efectos de la memoria <sup>en</sup> de las estimaciones, que provoca la tendencia a repetir las mismas estimaciones realizadas anteriormente. Sin embargo, esa misma estabilidad temporal desaparece cuando se cambia arbitrariamente el módulo del estímulo estandar, haciendo desaparecer los efectos de la memoria.

Posteriormente, y en sentido contrario a Teghtsoonian y Teghtsoonian (1971), Da Silva y Fukusima (1986), encuentran diferencias individuales consistentes y permanentes y Verrillo (1983) empleando la técnica de estimación de magnitudes, encontró una alta estabilidad temporal en el exponente para dos grupos de sujetos que estimaban longitudes de líneas con intervalos de uno y dos años respectivamente. Tampoco en estos estudios influiría la memoria.

Se han dado varias explicaciones a las diferencias individuales (Pradham y Hoffman, 1963; Logue, 1976; Wanschura y Dawson, 1974). Estas se pueden agrupar en:

- Los sujetos difieren en la percepción de la magnitud. Para Bernyer (1962) las diferencias individuales se deben a su fisiología. Hace que los sujetos juzguen pesos de acuerdo a los diferentes esfuerzos musculares que deben realizar para levantarlos. Stevens (1961) es de la misma opinión. Apunta a la naturaleza del transductor sensorial como fuente de esta variación.

- Los individuos difieren en la forma de utilizar los números. Reese y Stevens (1960) encuentran que los sujetos sesgan las respuestas, lo cual dificulta la búsqueda de la función

psicofísica. Bajo este punto de vista la variabilidad de las respuestas se debe a los sesgos de respuesta que resultan de alguna clase de proceso de aprendizaje (J.C. Stevens y Mack, 1959; Stevens y Guirao, 1964; McGill, 1974). Para Ekman, G; Hosman, B; Lindman, R; Ljungberg, L y Akesson, C.A (1968) una fuente importante de los sesgos de respuesta se debe a la interpretación y manejo de los números utilizados en los experimentos escalares. Jones y Marcus (1961), Rule (1966) y Rule y Markley (1971), interpretan las diferencias individuales como reflejos de las estrategias empleadas en las respuestas individuales y consideran que los observadores tienden a emplear una amplitud característica de la variable bajo su control, siendo para algunos observadores más grande y para otros más pequeña. Stevens y Greenbaum (1966) y Stevens (1971) señalan que las diferencias se deben al efecto de regresión, que es la tendencia del observador a acortar la amplitud de la variable bajo su control -constituída por el continuo numérico de respuesta cuando se aplica la estimación de magnitudes- hacia valores cerca del promedio.

- Finalmente, el mismo Stevens (1961) sugiere que otra posible causa se encuentra en que los sujetos no son capaces de estimar magnitudes percibidas sobre una escala de razón y otros autores, Weiss y Anderson (1969), señalan que las respuestas numéricas pueden ser consideradas, frecuentemente, a lo sumo, como escalas ordinales.

Todas estas cuestiones que afectan a la función psicofísica que se obtiene aplicando la técnica de estimación de magnitudes, deberían ser resueltas antes de poder aceptar su significado.

CAPITULO - III

-----

3.- OTRAS FUNCIONES PSICOFISICAS  
ALTERNATIVAS.

Se ha señalado que las funciones psicofísicas presentadas tradicionalmente en la literatura - la logarítmica y la potencial - se apoyan en varios supuestos, dos de los cuales se refieren a su vez a la relación matemática que se establece en el continuo físico - ley de Weber - y en el continuo subjetivo - constancia o no de las djp.

Combinando adecuadamente estas relaciones y con la ayuda del discutible principio matemático auxiliar, llegaríamos a las cuatro alternativas propuestas y desarrolladas por Baird Y Noma (1978).

CASO	CONTINUO SUBJETIVO	CONTINUO FISICO	FUNCION RESULTANTE
I	$\Delta S = K(1)$	$\Delta E = K(2)$	función lineal
II	$\Delta S = K(1)$	$\Delta E = K(3) E$	función logarítmica
III	$\Delta S = h(1) S$	$\Delta E = K(2)$	función exponencial
IV	$\Delta S = h(1) S$	$\Delta E = K(3) E$	función potencial

Sin embargo, tanto en el continuo físico como en el subjetivo, se han propuesto modificaciones a la ley de Weber y a la constancia de las djp. En este sentido, en apartados anteriores se ha señalado que Ekman propuso una modificación a la ley de Weber, estableciendo que:

$$\Delta E / (E+a) = K$$

Y que Fechner (1860) fue el primero en proponer una modificación generalizada de la ley de Weber, estableciéndola en los siguientes términos:

$$\Delta E = K E + c$$

Miller (1947) demostró que esta ecuación produce mejores ajustes a los datos para audición de ruidos y Ono (1967) lo demostró para juicios de longitudes de líneas.

Por otra parte, Guilford (1932, 1954) propuso una función potencial de la forma:

$$\Delta E = K \cdot E^c$$

y demostró su utilidad, junto a otros, en estudios sobre longitudes de líneas, intensidad de sonido y juicios de

tensión muscular (Guilford, 1932; Hovland, 1938; Fitts, 1947).

Con estas alternativas, añadimos cuatro nuevas propuestas a las anteriores funciones señaladas por Baird y Noma y que producen a su vez otras otras funciones teóricas:

CASO	CONTINUO SUBJETIVO	CONTINUO FISICO	FUNCION RESULTANTE
V	$\Delta S = K(1)$	$\Delta E = K(4)E+a$	logarítmica de una función lineal
VI	$\Delta S = K(1)$	$\Delta E = K(5) E^2$	lineal potencial
VII	$\Delta S = h(2) S$	$\Delta E = K(4) E+a$	potencial de una función lineal
VIII	$\Delta S = h(2) S$	$\Delta E = K(5) E^2$	exponencial de una función potencial

Y cuyas justificaciones matemáticas, prescindiendo de las objeciones al principio matemático auxiliar, serían:

V.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta S = K(1) \\ \Delta E = K(4)E + a \end{array} \right| \Rightarrow \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{K(1)}{K(4) E+a} ; \quad dS = \frac{K(1)}{K(4)E + a} dE$$

$$dS = \frac{K(1)/a}{1 + \frac{K(4)}{a} E} dE$$

$$\int dS = \frac{K(1)}{K(4)} \int \frac{K(4)/a}{1 + \frac{K(4)}{a} E} dE \quad S = K \ln \left( 1 + \frac{K(4)}{a} E \right) + C$$

en donde :  $k = \frac{k(1)}{k(4)}$  y siendo C la constante de integración.

VI.

$$\begin{aligned} \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{K(1)}{K(5) E^g} & \quad \left| \quad \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{K(1)}{K(5) E^g} ; \quad dS = \frac{K(1)}{K(5)} \frac{dE}{E^g} \right. \\ \int dS = \int \frac{K(1)}{K(5)} E^{-g} dE & \quad S = \frac{K(1)}{K(5)(1-g)} E^{1-g} + C \\ S = K E^{1-g} + C & \end{aligned}$$

en donde :  $K = \frac{K(1)}{K(5)(1-g)}$  y C la constante de integración.

Como demostraron Luce y Edwards, en este caso se produce una contradicción entre el principio matemático auxiliar y el supuesto  $\Delta S = K(1)$ .

VII.

$$\begin{aligned} \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{h(2) S}{h(4)E + a} & \quad \left| \quad \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{h(2) S}{h(4)E + a} ; \quad \frac{dS}{S} = \frac{h(2)}{h(4)E + a} dE \right. \\ \int \frac{dS}{S} = \frac{h(2)}{K(4)} \int \frac{K(4)/a}{1 + \frac{K(4)}{a} E} dE & \quad ; \quad \ln S = \frac{h(2)}{K(4)} \ln \left( 1 + \frac{K(4)}{a} E \right) + C \\ S = C(1) (1 + K E)^n & \end{aligned}$$

en donde :  $K = \frac{K(4)}{a}$        $n = \frac{h(2)}{K(4)}$        $C(1) = e^C$

## VIII.

$$\frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{h(2) S}{K(5) E^a} \quad \left| \quad \frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{h(2) S}{K(5) E^a} ; \quad \frac{dS}{S} = \frac{h(2)}{K(5)} \frac{dE}{E^a} \right.$$

$$\int \frac{dS}{S} = \int \frac{h(2)}{K(5)} E^{-a} dE ; \quad \ln S = \frac{h(2)}{K(5) (1-a)} E^{1-a} + C$$

$$S = K e^{(E^{1-a})^a} \quad \text{en donde } K = e^C ; \quad a = e^{\left[ \frac{h(2)}{K(5) (1-a)} \right]}$$

Finalmente, si asumimos que las relaciones propuestas en el continuo físico se cumplen también en el continuo subjetivo, se obtendrían nuevas funciones psicofísicas, cuya justificación matemática omitimos ya que son similares a las anteriores. Los supuestos en cada caso, son:

CASO	CONTINUO SUBJETIVO	CONTINUO FISICO
IX	$\Delta S = h(3) S+b$	$\Delta E = K(2)$
X	$\Delta S = h(3) S+b$	$\Delta E = K(3) E$
XI	$\Delta S = h(3) S+b$	$\Delta E = K(4) E+c$
XII	$\Delta S = h(3) S+b$	$\Delta E = K(5) E^a$
XIII	$\Delta S = h(4) S^d$	$\Delta E = K(2)$
XIV	$\Delta S = h(4) S^d$	$\Delta E = K(3) E$
XV	$\Delta S = h(4) S^d$	$\Delta E = K(4) E+c$
XVI	$\Delta S = h(4) S^d$	$\Delta E = K(5) E^a$

Naturalmente estas opciones no agotarían todas las posibilidades, ya que nuevas investigaciones pueden proponer nuevos supuestos en ambos continuos, que conducirían a estas u otras funciones psicofísicas teóricas.

De estos cuatro tipos de funciones - lineal, logarítmica, potencial y exponencial - la función exponencial es la única que no ha sido considerada seriamente en las experimentaciones psicofísicas, y como señalan Baird y Noma (1978) hay pocos datos que se ajusten a esta predicción. Por otra parte cuando se cumplen los supuestos de  $\Delta E = K(2)$  y  $\Delta S = h(1) S$  (caso III) se obtienen empíricamente funciones lineales en lugar de exponenciales (Stevens y Galanter, 1957) por lo que sería interesante, como señalan Baird y Noma, estudiar esta discrepancia entre la teoría y los datos empíricos.

La función lineal se ha encontrado en continuos como los de posición de puntos sobre una línea, y los de inclinación de líneas (Stevens y Galanter, 1957). En ellos se cumplen los supuestos de  $\Delta E = K(2)$  y  $\Delta S = K(1)$ . (Caso I).

La función potencial se ha encontrado en cientos de experimentos y sobre multitud de continuos. Ocurre frecuentemente que el ajuste mínimo cuadrático de la función potencial no describe fielmente los datos, y se produce una ligera desviación de la linealidad (en coordenadas logarítmicas) para valores bajos del estímulo próximos al umbral. Según la revisión de Marks y J.C. Stevens (1968) las explicaciones de este fenómeno se apoyan en el supuesto de

que las desviaciones están relacionadas con el umbral absoluto del estímulo. Esto es, que la función psicofísica se desvía debido a que cuando la intensidad del estímulo se aproxima al umbral, la sensación se aproxima a cero. Para subsanar estas desviaciones se han propuesto varias alternativas. Una de las hipótesis establece que hay un parámetro relacionado con el umbral absoluto que modifica la función potencial restando su magnitud del valor de cada estímulo (Ekman, 1956; Luce, 1959; Stevens, 1959b) dando lugar a una versión modificada de la ley de Stevens.

$$S = K (E - E_0)^n$$

Esta función fue obtenida experimentalmente por Stevens y Volkman (1940).

Para Stevens,  $E_0$  es un valor de la escala estimular, para corregir las distorsiones que se producen cerca del umbral absoluto, que algunas veces es interpretado como el "umbral efectivo" (Stevens y Stevens, 1963). Al restar la constante  $E_0$  a los valores estimulares, los valores de  $E$  se representarían en unidades específicas por encima de la constante  $E_0$  en lugar de en unidades físicas directas por encima del punto cero de las escalas física y subjetiva.

Otras interpretaciones hacen referencia a la influencia de alguna clase de sesgo de respuesta (Irwin y Corballis, 1968). Bajo esta interpretación, se asume que la desviación o error se debe a que el sujeto añade o resta un valor constante a sus estimaciones numéricas con lo cual la modificación de la función potencial sería, según Ekman (1959) y Fagot (1963):

$$S = K(E^n - E_0^n)$$

Ekman (1959) también propuso otra modificación:

$$S = S_0 + E^n$$

donde  $S_0$  representa el ruido sensorial básico. Las funciones potenciales de la forma  $S = a + b E^n$  han sido utilizadas por autores como McGill, (1960); Fagot y Stewart (1968) en la modalidad de brillo y Ward (1973) con amplitud de sonido. En este caso obtuvo la ecuación:

$$S = 0,66 + 0,27 \cdot E^{0,7}$$

que proporcionaba un ajuste muy satisfactorio a los datos. Baird y Noma (1978) señalan que el exponente no es el mismo cuando se añade a la función potencial la constante,  $a$ , que cuando se ignora.

Otras hipótesis incluyen que para bajas intensidades del estímulo existe una proporcionalidad entre  $S$  y  $E_0$  (Ekman Y Gustaffson, 1968; Zwislocki, 1965). Una consecuencia de esta proliferación de hipótesis es que a menudo no pueden distinguirse unas de otras con razones empíricas. Una prueba de ello son los trabajos de Stevens y Marks (1971) que con los mismos datos, que relacionaban la sensación de calor aplicada sobre la frente con la intensidad del estímulo, observaron que las dos modificaciones de la función potencial, anteriormente expuestas, describen los datos adecuadamente, lo que indica que de acuerdo con Baird y Stein (1970) la inclusión de la constante  $E_0$  no mejora el ajuste y, por tanto, no hay suficientes bases empíricas para seleccionar las distintas alternativas teóricas. Por el contrario McCallum y Goldberg (1975) encuentran que las funciones potenciales que incluyen tres constantes se ajustan significativamente mejor que aquéllas que incluyen menos constantes.

Así, vemos que podemos obtener distintas alternativas teóricas a las funciones psicofísicas considerando distintos supuestos y derivando las ecuaciones de forma matemática o añadiendo parámetros que expliquen mejor los resultados empíricos. Ya sabemos que pueden existir diversas funciones psicofísicas, pero ahora nos interesa saber cuál podría ser la mejor. Por ello, pasemos ahora a discutir el tema de la bondad de los ajustes de las funciones psicofísicas.

CAPITULO - IV:

-----

4. - BONDAD DE AJUSTE DE LAS  
FUNCIONES PSICOFISICAS

Desde que Stevens introduce las técnicas directas para la medida de la sensación y propone su ley potencial como la función más adecuada para describir la relación entre el estímulo y la respuesta, se ha producido una gran polémica entre los que defienden la ley potencial (Baird, 1970; Baird y Stein, 1970; Myers, 1982) y los que defienden la logarítmica, (Falmagne, 1982), además de otras posturas que favorecen ambas o ninguna (Garriga, 1985; Krueger, 1988) ya que aun con respuestas numéricas o con planteamientos teóricos se mantiene la dualidad entre estas funciones. Esta controversia puede establecerse todavía en otro sentido. Fagot (1966) señala que la función potencial puede parecer una función logarítmica cuando el exponente toma valores pequeños. Esto sugiere que la función logarítmica es un caso especial de la potencial y, por tanto, la función potencial puede ajustarse a cualquier situación a la que se ajusta la función logarítmica, (Ekman, 1964) cuando los exponentes son menores a la unidad.

Por otra parte, en varias investigaciones se ha enfatizado la importancia, no solo de probar la bondad del ajuste, sino también de comparar la bondad del ajuste de varias funciones psicofísicas alternativas (McCallum y Goldberg, 1975). En muchos trabajos la adecuación del modelo potencial y/o logarítmico se evalúa examinando la magnitud y significación del coeficiente de correlación de Pearson entre  $\log E$  y  $\log S$  para la potencial y  $\log E$  y  $S$  para la

logarítmica. Aunque el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, como medida de bondad de ajuste, es intrínseca a su definición, se ha cuestionado su utilidad, ya que se puede alterar su valor variando la separación de los datos, la variabilidad, etc. Así, autores como Weiss (1981), han criticado el empleo de esta correlación para examinar la bondad del ajuste de cualquier función psicofísica propuesta, señalando que su mayor problema es que puede ser incrementado simplemente espaciando más los estímulos. Según Coleman et al. (1981) se puede demostrar algebraicamente que si  $S = f(E)$  es una función monótona creciente y disponemos de  $n$  valores enteros ( $n > 1$ ) igualmente espaciados de  $E$ , el coeficiente de correlación lineal entre  $E$  y  $S$  será siempre un valor mayor o igual a  $[3/(n+1)]^{1/2}$ , de modo que si se utilizan pocos datos el coeficiente de correlación alcanzará un valor alto. Yntema y Torgerson (1961) señalan, por ejemplo, que un modelo lineal proporciona, a menudo, un buen ajuste a los datos, aún cuando exista una relación curvilínea significativa. Anderson y Shanteau (1977) y Birnbaum (1973) consideran que cualquier función monótona creciente tendrá un alto componente lineal y Good (1972), por su parte, muestra que, aún para muchas funciones monótonas no lineales, el coeficiente de correlación lineal alcanzará valores muy próximos a 1. Por otra parte, los modelos lineales se pueden aproximar bien a datos no lineales ya que predecirán una baja respuesta a un estímulo pequeño y una alta respuesta a un estímulo grande, lo que puede originar una alta correlación. Este hecho fue notado hace tiempo por

Thorndike, (1918) y ha sido reiterado muchas veces desde entonces. Sin embargo, hay que señalar que  $r$  mide la tendencia lineal y no la forma de la relación de los datos.

Las correlaciones entre los datos observados y los predichos a partir de un modelo lineal no exacto, pueden ser muy altas, y cuando el objetivo es la predicción, estos modelos pueden resultar muy útiles. El problema es que si a partir de modelos no lineales se pueden obtener altas correlaciones lineales, entonces estas correlaciones indican el grado de aproximación de los datos al modelo, pero no la forma de la relación, y así se utilizan como medida comparativa de la bondad de ajuste al modelo lineal, aunque los datos caigan sobre curvas no lineales.

En definitiva, distintos autores afirman que la comparación de varios modelos acudiendo al estudio de las correlaciones plantea una serie de inconvenientes:

- Uno de ellos ya ha sido señalado y planteado por Birnbaum (1973) que mostró, con distintos ejemplos como un modelo lineal puede ofrecer correlaciones más altas con los datos que las ofrecidas por el otro modelo no lineal que se ajusta mejor, y viceversa, como un modelo no lineal ofrece

correlaciones más altas con los datos que el modelo lineal mejor ajustado. En ambas situaciones aplica técnicas basadas en diseños factoriales, el análisis de varianza y la inspección gráfica de las características de los datos para decidir si deben ser ajustadas por un modelo lineal o no. Con ello, antes de aplicar  $r$  se debe estudiar la nube de puntos, pues como  $r$  mide la relación lineal es absurdo calcularla cuando la relación no es lineal.

- El segundo inconveniente es que un modelo de ajuste que requiere la estimación de tres parámetros, por ejemplo, puede proporcionar una correlación más alta que los de otro modelo que requiera solo la estimación de dos parámetros. Poulton (1968) señala que una ecuación con tres constantes se ajusta mejor a un conjunto de datos y McCallum y Golberg (1975) indican que a medida que se incluyen más constantes en la función psicofísica el ajuste mejora. Sus estudios van dirigidos a comparar los ajustes de varias funciones psicofísicas con distinto número de parámetros, y aunque para ello recurren a la comparación entre los coeficientes de determinación, concluyen que existen diferencias significativas entre los ajustes de las funciones con tres parámetros y las funciones con dos parámetros a favor de aquéllas, no existiendo diferencias significativas dentro de cada grupo. Con todo, esta propiedad es intrínseca a la

regresión. Si se incrementa el número de variables, el valor explicativo también aumenta o permanece invariable.

- Un tercer inconveniente, descansa en el hecho bien conocido de que la correlación depende del rango de la variable predictor. A menos que sean iguales para los dos modelos, las correlaciones no son comparables. Un modelo con una mayor correlación puede presentar mayor variabilidad que otro modelo mejor ajustado simplemente en virtud del mayor rango o amplitud de la variable predictor. Puesto que las transformaciones logarítmicas en E y S afectan al rango de estas variables, la comparación de las correlaciones que ofrecen los modelos lineales, logarítmicos y potencial estarán afectadas por este inconveniente.

Sin embargo, los modelos lineales son más fáciles de obtener y de aplicar que los no lineales, de modo que la ganancia en simplicidad puede ser equivalente a la pérdida en poder descriptivo real, aunque no se afecte considerablemente su capacidad predictiva.

Por tanto, el tamaño y significación del coeficiente de correlación lineal, se discute como medida para estudiar si un determinado modelo de función psicofísica describe mejor unos

resultados empíricos que otra función. Dado que además, el coeficiente de correlación mide el grado de acuerdo entre el modelo y los datos (proporción de varianza explicada) lo que queremos es encontrar otra forma de medida de la bondad de ajuste basada en el grado de desacuerdo, es decir, las desviaciones del modelo a los datos. Ambas medidas son complementarias, pero esta segunda ofrece la posibilidad de hacer comparaciones descriptivas, sobre el mismo eje de coordenadas, que son más complicadas de realizar con la primera técnica.

Para contrastar la hipótesis de la linealidad de la regresión se puede utilizar la técnica del análisis de varianza propuesto por Hays (1973, 1988) y que ya fue defendido por Weiss (1981) para este fin. Con esta técnica se evalúa la significación de las desviaciones de los puntos a la regresión. La revisión de la literatura nos ha llevado a estudiar cómo distintos autores aplican el análisis de varianza para el contraste del ajuste de la regresión. Así, Bruvot y Gaffey (1965) comprueban el ajuste de la función potencial  $S = K E^n$  mediante ANOVA, contrastando la significación de las desviaciones de la linealidad. El modelo que proponen es:

$$\text{Log } S_{1j} = \text{Log } k + n \text{ Log } E_1 + A_1 + \epsilon_{1j}$$

donde  $S_{ij}$  es la estimación de la magnitud en el ensayo  $j$  al estímulo de intensidad  $i$ ;  $A_i$  son las desviaciones de la función y  $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio restante. Según este modelo, la función potencial se ajusta de forma total sólo cuando las desviaciones,  $A_i$ , son cero, en cuyo caso la regresión  $\log S$  sobre  $\log E$  es lineal. Igualmente Coleman, Graf y Alf (1981) comprueban el ajuste de la función potencial considerando un modelo con tres parámetros, a la que vamos a denominar función potencial generalizada. El modelo que asumen en sus análisis, similar al anterior, es :

$$S_{ij} = a + b E_i^n + A_i + \epsilon_{ij}$$

En nuestros experimentos vamos a asumir estos modelos para contrastar el ajuste de estas funciones. Para la función lineal y logarítmica de Fechner, asumimos respectivamente los modelos:

$$S_{ij} = a + b E_i + A_i + \epsilon_{ij}$$

$$S_{ij} = a + b \log E_i + A_i + \epsilon_{ij}$$

En general, el modelo utilizado según la nomenclatura de Hays (1973, pag.679) sería: la suma de cuadrados total (de las  $S_{ij}$ ) se descompone en suma de cuadrados de error (de la  $\epsilon_{ij}$ ), suma de cuadrados de las desviaciones de la regresión lineal (de las  $A_i$ ) y suma de cuadrados de la regresión lineal.

Para el ajuste de la función psicofísica a los datos empíricos vamos a distinguir dos situaciones: en la primera, consideraremos los datos o estimaciones realizadas por cada observador a un mismo estímulo. En esta situación tenemos para cada valor del estímulo,  $E_i$ , distintas medidas de la sensación,  $S_{ij}$ , que constituyen la media geométrica de las distintas estimaciones realizadas por cada individuo,  $j$ , al estímulo de intensidad  $i$ . Bajo estas condiciones el contraste de la significación de las desviaciones lo realizaremos mediante ANOVA, según los modelos propuestos anteriormente.

Así, la hipótesis nula que sometemos a prueba, es, entre otras, que no existe relación curvilínea, o que,  $H_0: \omega^2 - \rho^2 = 0$  siendo:

$$\omega^2 = \frac{\sigma^2_{\text{curv}} - \sigma^2_{\text{res}}}{\sigma^2_{\text{curv}}}$$

En otros libros o paquetes de programas,  $\omega^2$  se designa por  $\eta^2_{\text{curv}}$ . Como se utiliza más esta última notación, la utilizaremos así de aquí en adelante.

Para contrastar la hipótesis nula, la variabilidad total de la respuesta puede dividirse en tres partes aditivas (análoga a la que enunciamos con respecto a la suma de cuadrados): La variabilidad debida a la función psicofísica, la variabilidad residual debida a las desviaciones de la

regresión lineal y la variabilidad intratamientos o varianza error. Esto nos permite comprobar, tanto la significación del modelo propuesto mediante la función psicofísica como la significación de las desviaciones de los datos de la función psicofísica. Para la primera estudiamos la significación del valor  $F$  obtenido dividiendo la media cuadrática debida a la función psicofísica entre la media cuadrática intra-tratamientos, y para la segunda, la significación del valor  $F$  de la razón entre la media cuadrática de las desviaciones y la media cuadrática intra-tratamientos. Si el valor del  $F$  obtenido para estudiar la significación de las desviaciones de la función psicofísica a los datos empíricos resulta ser significativo, podríamos concluir que otras funciones no lineales pueden ajustarse a los datos, es decir, que algún tipo de predicción es posible usando un patrón curvilíneo.

La segunda situación requerirá el promediar todas las estimaciones realizadas por todos los observadores del grupo, para obtener un valor representativo del nivel de sensación correspondiente a cada intensidad estimular. Para ello se puede utilizar un amplio número de medidas estadísticas de tendencia central, cuya elección depende del procedimiento empleado y de la forma y variabilidad de los datos. La media aritmética, como se sabe, es muy sensible a los datos extremos de una distribución y por eso su uso es poco frecuente en los experimentos psicofísicos, donde los sujetos eligen libremente

el módulo. Otra medida de tendencia central es la mediana, que depende solo de los valores centrales y no se ve muy afectada por los valores extremos; pero a la vez tiene el inconveniente que solo considera el valor central y no el resto de la distribución. De cualquier forma es preferible a la media aritmética y se utiliza en lugar de la media geométrica cuando el sujeto no puede estimar todos los estímulos y da estimaciones de cero. Bartoshuk (1968) empleó la media aritmética, pero sus experimentos incluían el mismo módulo para todos los sujetos, lo cual aseguraba que la amplitud de las estimaciones numéricas de los observadores, en razón de su módulo, podía no diferir mucho de unos a otros. Por todo ello, la medida de tendencia central más usada con datos obtenidos en experimentos de estimación de magnitudes, es la media geométrica, debido a que no está muy afectada por los valores extremos y, a diferencia de la mediana, depende de todos y cada uno de los valores de la distribución.

Autores como Teghtsoonian, M. Teghtsoonian, R. Berglund, B. y Berglund, V. (1978) y Reese y Stevens (1960) señalan que empleando la técnica de estimación de magnitudes, no suele existir diferencias al aplicar la mediana en lugar de la media geométrica. Jáñez (1979), presenta un argumento formal defendiendo la elección de la media geométrica basándose en el criterio de que la función psicofísica del grupo tenga la misma forma que las funciones psicofísicas individuales.

Igualmente, Sidman (1952) y Estes (1956), han mostrado que si las funciones individuales son potenciales, la función del grupo es también potencial, siempre que se utilice la media geométrica para promediar los datos. Sin embargo, si la función del grupo es potencial, no hay constancia de que las funciones individuales sean también potenciales.

Habiendo discutido el planteamiento teórico de las funciones psicofísicas clásicas (Capítulo II), las alternativas (Capítulo III) y, en este capítulo IV, las pruebas existentes de medir la bondad de ajuste con sus aspectos positivos y negativos, podemos concretar nuestra parte experimental. Esta se centrará en cuatro experimentos según explicaremos a continuación.

CAPITULO- V.

ESTUDIOS EXPERIMENTALES. -

5. INTRODUCCION. -

5.1. EXPERIMENTO 1.

5.1.1. METODO.

5.1.2. RESULTADOS.

5.1.3. DISCUSION

5.2. EXPERIMENTO 2.

5.2.1. METODO.

5.2.2. RESULTADOS.

5.2.3. DISCUSION

5.3. EXPERIMENTO 3.

5.3.1. METODO.

5.3.2. RESULTADOS.

5.3.3. DISCUSION.

5.4. EXPERIMENTO 4.

5.4.1. METODO.

5.4.2. RESULTADOS.

5.4.3. DISCUSION.

I N T R O D U C C I O N . -

Antes de comenzar con la descripción de los experimentos, justificaremos por qué los realizamos, qué análisis de datos vamos a realizar y el tipo de continuo que hemos elegido. Como hemos señalado en capítulos anteriores, en este trabajo planificamos cuatro experimentos. Cada uno de ellos va incluyendo nuevas variantes que se suponen que afectan a la función psicofísica.

Distintos autores han estudiado las influencias que determinadas condiciones experimentales tienen sobre el exponente de la función potencial de Stevens. Estas han sido ampliamente expuestas por Poulton (1968) y tratadas también en posteriores investigaciones. De estas variables experimentales nosotros vamos a considerar la unidad de medida (Myers, 1982; Weiss, 1981); el rango de los valores estimulares (Da Silva, 1985; Poulton, 1968; Teghtsoonian, R. y Teghtsoonian, M. 1978) y manteniendo constante el rango de valores estimulares, cambiaremos de técnica psicofísica (Baird, 1970; Da Silva, 1985; Teghtsoonian, R. y Teghtsoonian, M. 1978) sin olvidar la cuestión del estímulo estándar y el módulo (Baird, 1970; Da Silva, 1982; McMillan et al. 1974; Veit, 1978).

Teniendo presentes estas variables experimentales, diseñamos los siguientes experimentos que describimos ahora brevemente:

El primero de ellos es el más parecido a los tradicionales de la psicofísica moderna: varias estimaciones a un conjunto de estímulos utilizando la técnica de estimación de magnitudes. Como estímulo estándar elegimos el que ocupaba un lugar intermedio, en cuanto a su intensidad, dentro de la serie de estímulos y de magnitud real igual a 100 milímetros. El módulo fue asignado libremente por el propio sujeto. Consideraremos 20 sujetos, aspecto este poco común en los experimentos psicofísicos, ya que el número de sujetos de la muestra suele ser de una o dos personas, llegando hasta diez como máximo.

En el segundo experimento disminuimos el número de observadores de veinte a diez y el de estímulos de veinte a dieciséis, eliminando los cuatro mayores, que por su proyección mediante taquistoscopio presentaban más dificultades para su visión. De esta forma disminuye el rango de los estímulos. Como estímulo estándar elegimos uno intermedio de la serie, de 8 cm. de longitud, y al que asignamos el módulo 8 cm para todos los sujetos. La técnica es la misma, la estimación de magnitudes. A cada observador

se le presentaron cinco bloques con los mismos dieciséis estímulos en distintos órdenes aleatorios y con la instrucción de estimar la longitud aparente en centímetros.

El tercer experimento mantiene el mismo número de sujetos, diez, y cambiamos la longitud de los estímulos. Volvemos a utilizar diez, pero esta vez de magnitudes más próximas y por tanto la serie tiene menor rango que la de los anteriores experimentos. Incluimos una nueva variante que afecta al estímulo estándar. En esta ocasión, los mismos diez estímulos se utilizan también como estándar, presentando todas las posibles parejas de estímulos de los cuales el primero es el estándar, de módulo conocido y el mismo para todos los observadores, y el segundo es el estímulo comparativo cuya magnitud aparente hay que estimar en centímetros.

Finalmente en el cuarto experimento, cambiamos de técnica y aplicamos la triangular extendida. Utilizamos los mismos estímulos del experimento anterior. Cada sujeto hace 300 estimaciones divididas en tres sesiones de 100 y cada una de ellas durante tres días consecutivos.

TABLA 1: DIFERENCIAS ENTRE EXPERIMENTOS

EXPERIMENTOS	I	II	III	IV
Nº de sujetos	20	10	10	10
Nº de EE	20	16	10	10
Rango de la serie de EE	190 mm.	15 cm.	4.5 cm.	4.5 cm.
Nº de EE estándar	1	1	10	10
Módulo	desconocido	conocido	conocido	conocido
Nº estimaciones	100	80	100	300
Técnica	E.M	E.M	E.M	triangular
Unidad de medida	mm.	cm.	cm.	cm.
Sesiones	1	1	1	3

La principal innovación de esta técnica es que supone que la visión del estímulo estándar y el comparativo va a ser simultánea y no secuencial como en los experimentos anteriores. Además la presentación de los estímulos en tríadas incrementa el ruido sensorial que presumiblemente

puede afectar a algunos parámetros de las funciones que están relacionadas directamente con la sensibilidad.

Las principales características que diferencian a los cuatro experimentos se encuentran descritas en la tabla 1.

En cada experimento, ajustaremos las funciones psicofísicas distinguiendo dos situaciones: la primera se dará cuando consideremos las estimaciones individuales a cada estímulo y las representamos por su media geométrica. En este caso, la nube de puntos a la que se ajustan las distintas funciones está formada por los valores de E y las medias geométricas de cada individuo, de tal forma que para cada valor de E existirán varios valores en S. Cada uno de estos valores de S, que representamos por  $S_{ij}$ , constituye la media geométrica de las n estimaciones realizadas por cada sujeto al mismo estímulo de intensidad  $E_i$ . La variabilidad dentro de cada nivel de la variable independiente nos permitirá estudiar, mediante un análisis de la varianza, si las funciones propuestas constituyen modelos descriptivos perfectamente ajustados.

En la segunda, obtendremos la media geométrica del grupo y ajustaremos las funciones a la nube de puntos, formada por los valores de E y la media geométrica de las

estimaciones realizadas por todo el grupo a cada estímulo, de tal forma que para cada valor de E solo hay un valor en S.

En cuanto a las funciones que vamos a ajustar, éstas son: la lineal ( $S = a + b E$ ), la logarítmica de Fechner ( $S = a + b \log E$ ), la potencial de Stevens ( $S = a E^n$ ) y la potencial generalizada ( $S = a + b E^n$ ). Estas dos últimas nos permitirán comparar las variaciones que experimentan ambos exponentes.

La función lineal será ajustada mediante la técnica bien conocida de mínimos cuadrados de S sobre E.

La función logarítmica es lineal en coordenadas semilogarítmicas, por lo que ajustaremos la función de S sobre  $\log E$  por mínimos cuadrados.

Por su parte, la función potencial también es lineal en coordenadas logarítmicas, de modo que también aplicamos el ajuste mínimo cuadrático de  $\log S$  sobre  $\log E$ .

Finalmente, la función potencial generalizada,  $S = a + b E^n$ , que no es lineal en sus parámetros, puede ajustarse empleando la técnica dada por Snedecor, G.W. y Cochran, G. (1976) para funciones no lineales. Básicamente su base teórica es la siguiente:

Supongamos que la relación poblacional entre Y y X es

$$Y_i = f(\alpha, \beta, \gamma, X_i) + \epsilon_i$$

donde f es la función de regresión y  $\alpha, \beta, \gamma$ , los parámetros. La dificultad para el ajuste mínimo cuadrático, que consiste en minimizar

$$\sum [(Y_i - f(\alpha, \beta, \gamma, X_i))]^2$$

surge cuando la función no es lineal, como en nuestra situación, y hay que estimar uno o más de los parámetros  $(\alpha, \beta, \gamma)$ . El primer paso en el método general descrito por Snedecor y Cochran, consiste en obtener buenas estimaciones iniciales  $a_1, b_1, c_1$ , de las estimaciones mínimo cuadráticas finales  $\alpha, \beta, \gamma$ . Para ello se aplica el teorema de Taylor, que establece que, si la función  $f(\alpha, \beta, \gamma, X)$  es continua y si  $(\alpha - a_1)$ ,  $(\beta - b_1)$  y  $(\gamma - c_1)$  son pequeños, entonces

$$f(\alpha, \beta, \gamma, X_i) \approx f(a_1, b_1, c_1, X_i) + f_a(\alpha - a_1) + f_b(\beta - b_1) + f_c(\gamma - c_1)$$

donde  $f_a$ ,  $f_b$ , y  $f_c$ , representan las derivadas parciales de la función  $f$  respecto a cada uno de los parámetros  $\alpha, \beta, \gamma$ , respectivamente. A partir del teorema de Taylor, la relación de la función de regresión original:

$$Y_i = f(\alpha, \beta, \gamma, X_i) + \epsilon_i$$

puede escribirse aproximadamente de la forma:

$$Y_i = f + (\alpha - a_1) f_a + (\beta - b_1) f_b + (\gamma - c_1) f_c + \epsilon_i$$

y haciendo:

$$Y_{r_{11}} = Y_i - f; \quad X_1 = f_a; \quad X_2 = f_b; \quad X_3 = f_c$$

tendríamos:

$$Y_{r_{11}} = (\alpha - a_1) X_1 + (\beta - b_1) X_2 + (\gamma - c_1) X_3 + \epsilon_i$$

donde  $Y_{r_{11}}$  son los residuos de  $Y$  respecto a la primera aproximación. La regresión de  $Y_{r_{11}}$  sobre  $X_1, X_2, X_3$  proporciona los coeficientes de regresión  $(\alpha - a_1)$ ,  $(\beta - b_1)$  y  $(\gamma - c_1)$  a partir de los cuales se obtienen las estimaciones mínimo cuadráticas de  $\alpha, \beta, \gamma$ .

Si la ecuación anterior no es muy aproximada, se vuelve a repetir el proceso calculando segundas aproximaciones  $a_2,$

$b_2$ ,  $c_2$  a  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , respectivamente. Se vuelven a calcular las derivadas parciales  $f_a$ ,  $f_b$  y  $f_c$  respecto a  $a_2$ ,  $b_2$  y  $c_2$ , obteniendo un nuevo valor  $Y_{r+1}$  y nuevas variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ . La ecuación de regresión de  $Y_{r+1}$  sobre  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  proporciona los coeficientes de regresión  $(a_2 - a_3)$ ,  $(b_2 - b_3)$  y  $(c_2 - c_3)$  a partir de los cuales obtendríamos terceras aproximaciones  $a_3$ ,  $b_3$  y  $c_3$  de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , etc. La suma de cuadrados de los errores  $\sum Y^2_{r+1}$  decrecerá sucesivamente en cada paso, llegando a ser suficientemente pequeño cuando la solución mínimo cuadrática se considera una buena aproximación, en cuyo caso la disminución de  $\sum Y^2_{r+1}$  y los cambios en  $a$ ,  $b$  y  $c$  son los suficientemente pequeños para que puedan resultar significativos.

Este procedimiento fue aplicado por Coleman et al. (1981) para ajustar la función potencial generalizada de expresión  $S = a + b E^n$ . La utilización de los actuales ordenadores, permite no solo evitar los tediosos cálculos que requiere esta técnica, sino aplicar otras técnicas alternativas, como la empleada por nosotros, que ha consistido en aproximar por mínimos cuadrados la recta  $S = a + b Z$ , siendo  $Z = E^n$ , haciendo un barrido del exponente, para elegir, de todas las aproximaciones, aquella ecuación que hace mínimo la suma de errores al cuadrado (Programa incluido en el anexo nº 4). Aplicando esta técnica a los mismos datos de Coleman et al. (1981) llegamos a la misma ecuación psicofísica.

Pasemos ahora a discutir la utilización de nuestro continuo subjetivo. Como continuo subjetivo hemos elegido la longitud aparente de líneas. Stevens y Guirao (1963) señalan que este continuo no constituye un objeto de estudio inservible, porque es posible, con una simple prueba, descubrir hechos que son difíciles de detectar en juicios de magnitud sobre continuos más complejos. Además, se ha encontrado recientemente que dichas estimaciones subyacen en la percepción de la distancia, y por ello, en la forma como elaboramos nuestros mapas cognitivos.

Por otra parte, es importante considerar el sesgo numérico implícito en la estimación de magnitudes, pues esto implica una aplicación práctica de nuestro continuo. Así, cuando Stevens propuso la ley psicofísica potencial, adoptando la técnica de estimación de magnitudes como una medida directa de la magnitud de la sensación, asumía que las respuestas numéricas de los sujetos son directamente proporcionales a la magnitud de la sensación que experimentan. De este modo, muchos continuos, se han escalado contra el continuo numérico, pero se han vertido algunas críticas referidas a la fiabilidad de las estimaciones numéricas. Una de estas críticas, hace referencia a que algunos observadores cometen errores sistemáticos al asignar números a la intensidad de las

sensaciones. Estos errores en el uso de los números significa, que la estimación de magnitudes de un observador no indica con exactitud su sensación. Afortunadamente, los errores en la asignación de números a las sensaciones son "pequeños", en la mayoría de los sujetos, y están distribuidos simétricamente alrededor de la estimación correcta y se "corrigen" cuando se promedian las respuestas de varios observadores.

Autores como Attneave (1964), Mackay (1963) y Treisman (1964) han señalado que la suposición de proporcionalidad entre las respuestas numéricas y la sensación puede no ser exacta y que, por tanto, sin el conocimiento de la relación entre los números asignados y la sensación, la función psicofísica queda indeterminada.

Esto es así porque, cuando en un experimento psicofísico, disponemos de la magnitud del estímulo físico y de la respuesta sensorial obtenida mediante la técnica de estimación de magnitudes, la relación que obtenemos describe cómo la respuesta sensorial varía en función de un cambio en la intensidad del estímulo. Pero la meta de cualquier experimento psicofísico es determinar la relación entre la sensación y el estímulo, E. Para obtener esta relación a partir de los resultados experimentales, necesitamos conocer precisamente la relación que existe entre la respuesta manifiesta, RM, y la

sensación,  $S$ . Es decir, si a partir de los resultados experimentales, obtenemos la relación  $RM = h(E)$  y queremos llegar a la ley psicofísica  $S = f(E)$ , necesitamos conocer una relación intermedia  $RM = g(S)$  que nos permita formular la función psicofísica.

De acuerdo con el modelo de los dos estados, propuesto por Atteneave (1962), la función experimental  $RM = h(E)$  estaría formada por dos funciones anidadas, una que define la relación entre la magnitud de la sensación y la correspondiente intensidad del estímulo, que constituye la función psicofísica que se trata de buscar, y la otra es la relación entre el número asignado y la magnitud de la sensación, denominada ley de la respuesta sensorial (Gescheider, 1985). La situación por tanto puede conceptualizarse en dos estados. En el primero, el sistema sensorial convierte la intensidad del estímulo en magnitud sensorial. La función psicofísica es una descripción matemática de esta conversión. La conversión de la intensidad del estímulo en magnitud sensorial continua hacia un segundo estado, en el cual el observador da una respuesta manifiesta, como la estimación numérica de las magnitudes, a la experiencia sensorial sentida. Solamente si conocemos la ley que la respuesta manifiesta establece con la magnitud de la sensación, se hace posible deducir la ley psicofísica a

partir de los resultados experimentales, como señalamos anteriormente.

Algunos investigadores, simplemente asumen la función identidad entre la sensación y la respuesta numérica manifiesta, de modo que la respuesta manifiesta proporciona una medida directa de la sensación, por lo que la relación encontrada entre el estímulo y la respuesta, reflejaría fielmente la función psicofísica o relación entre la sensación y el estímulo. (Stevens, 1975).

Otros autores critican el uso de los números en la estimación, y a ello atribuyen las diferencias individuales encontradas en el exponente de la función potencial. Por su parte Zwislocki (1983) señala que el mejor continuo subjetivo posible para la estimación de la respuesta manifiesta es el escalamiento psicofísico de las longitudes de líneas. En este sentido, está universalmente aceptado que la sensación evocada por longitudes de líneas es directamente proporcional a su longitud física,  $S = K E$ . De este modo, el promedio de la estimación de magnitudes de longitudes de líneas para  $n$  observadores está directamente relacionado con su longitud física. Generalmente, cuando para un observador particular, esta relación es de proporcionalidad directa, se concluye que es capaz de asignar números precisos a la sensación de

longitud. Cuando la relación no es de esta naturaleza se concluye que no es capaz de asignar números precisos a la sensación de longitud. Por tanto, el conocimiento de la ley de la respuesta manifiesta para este continuo, puede utilizarse individualmente para corregir la utilización de los números en la estimación de la magnitud para otros continuos y se podría ayudar a resolver la polémica entre las funciones psicofísicas tradicionalmente propuestas, la potencial de Stevens y la logarítmica de Fechner, así como a eliminar una posible causa en el estudio de las diferencias individuales en el exponente de la función potencial. Gescheider (1988) la menciona como punto de comparación con otros continuos más complejos, asumiéndolo como el continuo subjetivo "más simple". De aquí el interés teórico y práctico del estudio del ajuste de la función psicofísica utilizando este continuo tan aparentemente elemental. Con todo, introducimos una variante en la forma usual de presentación de los estímulos en la estimación de longitud de segmentos: los estímulos fueron presentados de forma vertical, en lugar de horizontalmente como es tradicional.

Pasemos ahora, después de esta introducción de aspectos específicamente relevantes, al desarrollo experimental.

5.1. EXPERIMENTO - 1

---

Como hemos señalado, este experimento es el más parecido a los tradicionales de la nueva psicofísica. Utilizaremos la técnica de estimación de magnitudes con un estímulo estándar cuyo módulo lo asigna libremente cada observador. Para cada individuo se obtiene la media geométrica de las cinco estimaciones realizadas a cada estímulo y se ajustan las cuatro funciones psicofísicas propuestas, considerando para cada intensidad estimular las distintas medias geométricas obtenidas en cada individuo.

Bajo esta situación, veremos hasta qué punto las funciones psicofísicas propuestas se ajustan a los datos y cuáles de ellas pueden considerarse como buenos modelos descriptivos de los juicios psicofísicos.

En la otra situación, obtendremos para cada intensidad estimular la media geométrica de las estimaciones realizadas por todos los sujetos y ajustaremos las distintas funciones a la nube de puntos, formada por cada valor del estímulo y la media geométrica del grupo en cuanto a RM se refiere.

Así, podremos comprobar si, como señalan Pradhan y Hoffman (1963) la función psicofísica emerge como consecuencia de promediar los datos, y podremos estudiar las diferencias entre los ajustes de las distintas funciones en esta situación en comparación con la situación anterior.

En definitiva, intentaremos contrastar las siguientes hipótesis:

Considerando tanto el ajuste con las medias geométricas individuales como con la media geométrica del grupo:

H.1: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de su tamaño real.

H.2: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal del logaritmo de su tamaño real.

H.3: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es proporcional a una potencia de su tamaño real,  $E$ , y esta potencia se aproxima a uno.

H.4: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de una potencia de su tamaño real,  $E$ .

H.5: El ajuste de Stevens es mejor que el ajuste lineal.

H.6: . El ajuste de la función potencial de Stevens es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.7: El ajuste de la función de Stevens es mejor que el de la función potencial generalizada.

H.8: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.9: El ajuste de la función potencial generalizada es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.10: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función potencial generalizada.

#### S.1.1. M E T O D O.-

-----

#### SUJETOS.-

-----

Para formar la muestra, el único criterio de selección que adoptamos fue que los observadores no hubiesen participado en experiencias similares y desconocieran, por

tanto, la técnica de estimación de magnitudes y el estímulo en cuestión.

Así, utilizamos una muestra de 20 sujetos, formada por 8 varones y 12 mujeres, con edades comprendidas entre 23 y 52 años. Su participación fue totalmente voluntaria y desinteresada, ya que no ofrecimos ningún tipo de recompensa ni gratificaciones. Aquellos que tenían la visión corregida hicieron uso de sus gafas durante el experimento.

#### ESTIMULOS Y APARATOS.-

-----

Se prepararon veinte estímulos que consistían en líneas verticales dibujadas en negro sobre cartulina blanca de longitudes que variaban, a intervalos de 10 mm., desde los 10 mm., la más pequeña, hasta los 200 mm. la más grande.

Para la presentación de los estímulos se utilizó un taquistoscopio TKK de 3 canales, controlado por un microordenador Apple II de 64 K de memoria. El ángulo visual fue de 6º. Por uno de los canales se presentaban los estímulos y por otro el estímulo estándar, mientras que el

tercero permanecía inactivo. El encendido de los distintos canales se realizaba mediante programa a través de un interface que trabajaba conjuntamente con el Apple II (Merino, J.M.; Hernandez, L. y Padilla, M., 1987). El interface dispone de una serie de salidas de nivel TTL que permiten el control del aparato y que tiene sus propios circuitos de potencia que son disparados por controladores digitales. El interface también dispone de una serie de líneas, programables como entradas, a las que se les puede conectar teclas de respuesta. El programa utilizado se incluye en el anexo número 3.

PROCEDIMIENTO.-

-----

El experimento se realizó por las mañanas en el laboratorio del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la U.N.E.D. Los observadores entraban en el laboratorio individualmente y se sentaban delante del taquistoscopio. Se les entregaban las instrucciones por escrito (ver anexo nº 1) en las que se señalaba que estimasen la longitud de una serie de líneas rectas y verticales en milímetros, utilizando como criterio de referencia, otra línea que aparecía siempre delante de cada ensayo por el canal 3 y cuyo módulo era asignado libremente por el propio

observador. No se aceptaron los valores de la escala a utilizar.

Antes de comenzar el experimento, se realizaba un ensayo de prueba para asegurarse que se habían entendido las instrucciones.

Los sujetos veían primero el estímulo estándar sin limitación de tiempo y le asignaban su propio módulo como valor de referencia. Al alcance de su mano, disponían de un interruptor que apagaba el canal 3, donde se proyectaba el estímulo estándar, y simultáneamente encendía el canal 2 que permitía visualizar el estímulo comparativo, cuya longitud tenían que estimar en milímetros.

Cuando así lo hacían, volvían a pulsar el interruptor, que a la vez que permitía la entrada de los datos por el ordenador, interrumpía la proyección del estímulo. Se cambiaba la lámina del estímulo comparativo y el proceso se volvía a repetir hasta que el sujeto hacía todas sus estimaciones.

Los veinte estímulos se presentan cinco veces cada uno formando cinco bloques con el fin de que un mismo estímulo

no fuera presentado en dos ensayos consecutivos. Dentro de cada bloque, los estímulos se ordenaban aleatoriamente y se establecía un pequeño periodo de descanso, de aproximadamente cuatro minutos, entre bloques. Durante este período, el experimentador ordenaba las láminas según el orden aleatorio previamente establecido por el ordenador al correr el programa.

El intervalo entre ensayos dependía del tiempo que tardaba el sujeto en hacer la estimación y el experimentador en introducir los datos por el teclado del ordenador, no siendo nunca superior a los treinta segundos. El observador no separaba la cabeza de la ventanilla del taquistoscopio hasta completar todo el bloque de los 20 estímulos.

El diseño utilizado en este experimento es un diseño intragrupos de veinte sujetos y veinte condiciones experimentales.

#### 5.1.2. RESULTADOS.-

---

Los datos básicos del experimento se presentan en el anexo número 2. Como medida de la magnitud de la sensación

ante cada estímulo, utilizamos la media geométrica, que es la medida utilizada habitualmente en los experimentos psicofísicos por las razones ya expuestas anteriormente. La media geométrica se ha calculado para cada individuo y para el grupo total. Posteriormente, obtenemos las rectas de regresión considerando las dos situaciones ya señaladas. En la primera, es decir, cuando se consideran todas las medias geométricas individuales, la recta de regresión mínimo cuadrática de S sobre E, resulta ser.

$$S = - 1.74144 + 1.04784 E$$

con un coeficiente de correlación lineal:

$$r = 0.77988 \text{ siendo } r^2 = 0.608213$$

y r significativamente distinto de cero ( $t=24.856$ ;  $g.l = 398$ ;  $p < 0.01$ .)

Para considerar la posibilidad lineal y de otras opciones no lineales, aplicamos un ANOVA con medidas repetidas y un criterio de clasificación siguiendo la línea propuesta por Hays (1973, 1988) ya explicada y que arroja los datos que se exponen en la Tabla I.1.

TABLA I.1

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION LINEAL.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. LINEAL	888563,03	1	888563,03	360,25
DESVIACIONES	572371,97	18	31798,443	12,892
INTRA	937268,51	380	2466,4961	
TOTAL	2398203,51	399		

Puesto que  $F(0.99; 18,380) = 1.88$  rechazamos la hipótesis nula de que las desviaciones de los datos empíricos a la regresión lineal sea cero, ya que  $12.892 > 1.88$ . Las desviaciones de los datos al modelo ponen de manifiesto que es posible algún tipo de predicción utilizando además otras funciones curvilíneas. Esto no se contradice con la linealidad manifiesta de los datos, ya que  $F(0.99; 1,380) = 6.63$  nos indica que la función lineal tiene cierto grado de poder predictivo. Sin embargo, no podemos

afirmar, en base a estas pruebas, que exista una relación lineal o curvilínea fuerte. Del coeficiente de determinación se desprende que el 60.82% de la varianza total se explica por la covariación conjunta y puede desdoblarse en dos partes: una explicada por la magnitud de la relación lineal "pura" y representada por  $r^2_{(*)}$ , y la otra explicada por la relación no lineal,  $n^2$ , que representa la magnitud de las desviaciones a la linealidad. La magnitud de la asociación de la función lineal se obtiene mediante el cociente de la suma de cuadrados debida a la función entre la suma de cuadrados total, y es:

$$r^2_{(*)} = 0.3705$$

La magnitud de las desviaciones a la función lineal, se evalúa mediante el cociente entre la suma de cuadrados debida a las desviaciones y la suma de cuadrados total, y en nuestro caso es:

$$n^2 = 0.2386$$

Estos resultados nos llevan a aceptar la hipótesis H1, pues el ajuste lineal es significativo. Puesto que estos resultados sugieren que otras funciones no lineales también pueden describir los datos, ajustaremos la función logarítmica  $S = a + b \log E$  que es rectilínea en coordenadas

semilogarítmicas Log E y S. La función mínimo cuadrática que obtenemos es:

$$S = -203.8546 + 70.6226 \log E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.72238 \text{ siendo } r^2 = 0.521833$$

y r significativamente distinto de cero ( $t=20.84$ ;  $p<0.01$ )

El contraste de la significación de las desviaciones realizado mediante ANOVA arroja los resultados que se incluyen en la Tabla I.2 con un valor del estadístico  $F = 15.73$  ( $p< 0.01$ ) que nos lleva a rechazar la hipótesis nula. Así, las desviaciones de los datos empíricos a la función logarítmica no son cero, como en el modelo anterior.

Estos resultados nos permiten apoyar la hipótesis de que existen funciones curvilíneas sobre la función logarítmica que podrían explicar los datos. Además podemos aceptar la hipótesis H.2, ya que la función logarítmica puede utilizarse como modelo descriptivo en esta situación puesto que el valor  $F$  correspondiente a la función es significativo ( $F=309.088 > F(0.99; 1,380 = 6.63)$ ).

TABLA I.2

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION DE FECHNER.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. FECHNER	762365.16	1	762365.16	309.088
DESVIACIONES	698569.84	18	38809.436	15.7346
INTRA	937268.51	380	2466.4961	
TOTAL	2398203.51	399		

Pero también podríamos obtener cierto grado de predicción con un ajuste curvilíneo distinto de la función de Fechner, ya que las desviaciones de los datos a la función son significativas como se desprende del valor  $F = 15.73$  obtenido ( $p < 0.01$ ). La magnitud de la asociación de la función de Fechner es:

$$r^2_{(**) } = 0.3179$$

y la magnitud de las desviaciones a esta función es:

$$n^2 = 0.2912$$

Otra función no lineal, es la función potencial de Stevens, que en coordenadas logarítmicas se transforma en una recta. Ajustando nuestros datos a esta opción y expresándola en forma potencial, tenemos:

$$S = 0.968554 E^{1.01473}$$

con un coeficiente de correlación lineal entre Log E y Log S de:

$$r = 0.850446 \text{ siendo } r^2 = 0.723258$$

y r también es significativamente distinto de cero ( $t = 32.251$ ;  $p < 0.01$ )

Como en los casos anteriores, el contraste de la significación de las desviaciones de la linealidad de log S sobre log E lo realizamos mediante ANOVA cuyos resultados finales se presentan en la tabla I.3.

TABLA I.3

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION DE STEVENS.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. STEVENS	35.25689224	1	35.25689224	719.2826
DESVIACIONES	13.49035926	18	0.7494644033	15.2899
INTRA	18.62636276	380	0.0490167441	
TOTAL	67.37361426	399		

Los resultados obtenidos nos llevan a concluir que a pesar de que esta función es altamente significativa - como muestra el  $r^2$  y el valor del F correspondiente a la función - las desviaciones curvilíneas de los datos a la función también lo son ( $F = 15,289$ ;  $p < 0.01$ ) lo que nos permite considerar otras opciones curvilíneas además de la función de Stevens. Los datos de la linealidad confirman la hipótesis tercera H.3. Por su parte, la magnitud de la relación de la función de Stevens, es:

$$r^2_{c*} = 0.5233$$

y la magnitud de las desviaciones a la función es:

$$n^2 = 0.2002$$

Finalmente, estudiaremos la función potencial generalizada para cuyo ajuste seguiremos la técnica ya expuesta en la introducción a este capítulo. En nuestro caso, la función que hace mínimos los errores cuadráticos es:

$$S = 3.433842 + 0.708525 E^{1.071}$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.780042 \text{ siendo } r^2 = 0.608465$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 24.87$ ;  $p < 0.01$ ). El ANOVA aplicado para contrastar la significación de las desviaciones de linealidad (Tabla I.4) arroja un valor del estadístico  $F = 13.6417$  ( $p < 0.01$ ).

TABLA I.4

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION POTENCIAL GENERALIZADA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. POTENCIAL	888929.71	2	444464.86	180.2
DESVIACIONES	572005.29	17	33647.37	13.6417
INTRA	937268.51	380	2466.4961	
TOTAL	2398203.54	399		

Con estos resultados no podemos aceptar la hipótesis nula, por lo que podemos considerar otros modelos matemáticos para describir la relación entre los estímulos y la sensación. Además, y en base a la primera  $F = 180.2$  correspondiente a la significación de la función, los datos se ajustan a este modelo tal y como planteábamos en nuestra cuarta hipótesis, H.4. La intensidad de la asociación explicada por la función potencial generalizada, es:

$$r^2_{(*)} = 0.3706$$

y la magnitud de las desviaciones a esta función, viene medida por:

$$n^2 = 0.2385$$

Estos resultados ponen de manifiesto que los puntos a los que ajustamos las funciones tienen un alto componente lineal, por lo que pueden ser bien descritos por distintos tipos de funciones monótonas crecientes. Sin embargo, el hecho de que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones hayan resultado significativas, indican que pueden encontrarse otros modelos para describir los datos.

TABLA I.5: MEDIDAS DE AJUSTE DE LAS FUNCIONES PSICOFISICAS

	$r^2$	$r^2_{(*)}$	$n^2$
F. LINEAL	0.6082	0.3705	0.2386
F. LOGARITMICA	0.5218	0.3179	0.2912
F. POTENCIAL	0.7232	0.5233	0.2002
F.P. GENERALIZADA	0.6084	0.3706	0.2385

Con el fin de descubrir cual de las cuatro funciones se ajusta mejor, construimos la tabla I.5 que incluye para cada función, el coeficiente de determinación,  $r^2$ , la magnitud de la asociación estrictamente lineal,  $r^2_{c*}$ , y la magnitud de las desviaciones de la linealidad,  $n^2$ , obtenidas anteriormente.

Comparando la magnitud de las desviaciones de los datos de las funciones,  $n^2$ , se observa que, a nivel meramente descriptivo, el mejor ajuste no curvilíneo corresponde a la función de Stevens, mientras que la función de Fechner tiene un ajuste peor. En consecuencia, la función de Stevens es la que muestra un mejor ajuste lineal (en coordenadas logarítmicas) según se deduce de la mayor discrepancia existente entre las magnitudes de los componentes estrictamente lineal,  $r^2_{c*}$ , y curvilíneo,  $n^2$ . Las funciones lineal y potencial generalizada no muestran casi ninguna diferencia en sus ajustes, lo que parece lógico dada la proximidad del exponente de la función potencial a la unidad. Estos resultados nos permiten confirmar las hipótesis H.5, H.6, H.7, que planteaban un mejor ajuste de la función de Stevens sobre las restantes. Igualmente se confirman las hipótesis H.8 y H.9 ya que la función lineal y potencial generalizada se ajustan mejor que la función de Fechner. Sin embargo no existen diferencias entre la lineal

y la potencial generalizada y en base a esto, rechazamos la última hipótesis, H.10.

Con el fin de estudiar cómo cambia el ajuste de estas funciones, cuando se promedian las estimaciones de todos los individuos ante cada estímulo, vamos también a considerar a continuación un índice de tendencia central para representar a todos los valores del grupo. En psicofísica, como ya hemos discutido, se utiliza la media geométrica o incluso la mediana, antes que la media aritmética, para representar la magnitud percibida por la muestra ante cada intensidad estimular.

Considerando, pues, los valores del estímulo y las medias geométricas del grupo total, cuyos valores se muestran en la Tabla I.6 ajustamos la ecuación lineal obteniendo la siguiente función:

$$S = - 1.353015 + 0.947177 E$$

Con un coeficiente de correlación lineal de

$$r = 0.998119 \text{ siendo } r^2 = 0.9962415$$

y r significativamente distinto de cero ( $t = 69.07$ ;  $p < 0.01$ )  
lo que confirma nuestra primera hipótesis, H.1.

TABLA I.6 :

MEDIA GEOMETRICA DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO A CADA INTENSIDAD ESTIMULAR.

ESTIMULO	10	20	30	40	50	60	70
MEDIA	8.917	18.088	27.758	36.363	46.588	55.44	66.678

ESTIMULO	80	90	100	110	120	130	140
MEDIA	75.485	85.193	95.368	102.25	110.504	118.832	128.548

ESTIMULO	150	160	170	180	190	200
MEDIA	136.311	143.348	154.846	170.51	185.444	195.544

Veremos si las otras funciones no lineales propuestas se pueden ajustar a estos datos.

La función logarítmica de Fechner que obtenemos es:

$$S = -184.286189 + 63.8968 \ln E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.924993 \text{ siendo } r^2 = 0.855612$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 10.327$   $p < 0.01$ ).

Este resultado apoya la hipótesis segunda, H.2.

Otra función no lineal es la función potencial de Stevens, que ajustada a nuestros datos empíricos adopta la expresión

$$S = 0.8715627 E^{1.01432}$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.999599 \text{ siendo } r^2 = 0.9991995$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 149.76$   $p < 0.01$ ) y que nos permite aceptar la hipótesis de linealidad en coordenadas logarítmicas ( $\ln E$  y  $\ln S$ ) lo que no parece descabellado dada la proximidad del coeficiente obtenido a la unidad.

Para comprobar si el exponente obtenido es significativamente distinto de la unidad, contrastamos si la pendiente de la recta expresada en coordenadas logarítmicas:

$$\ln S = \ln 0.8715627 + 1.01438 \ln E$$

difiere significativamente de la pendiente  $b = 1$ . El estadístico de contraste que obtenemos es  $z = 1.01$  ( $p > 0.01$ ). Estos resultados confirman la hipótesis tercera, H.3, ya que la función de Stevens se ajusta a estos datos con exponente uno.

Finalmente la función potencial generalizada que obtenemos es:

$$S = 3.263776 + 0.64397 E^{1.07}$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.9983258 \text{ siendo } r^2 = 0.9966544$$

y  $r$  también es altamente significativo ( $t=73.227$   $p<0.01$ ) y que igualmente nos lleva a aceptar la hipótesis de linealidad, y con ello nuestra cuarta hipótesis H.4.

Estos resultados, nos permiten considerar a las cuatro funciones propuestas como modelos descriptivos de las relaciones existentes entre la intensidad del estímulo y la magnitud de la sensación, cuando se promedian las estimaciones de todos los individuos para obtener una medida representativa del grupo.

Sin embargo, puesto que estas funciones son de naturaleza intrínsecamente diferentes, convendría decidir cual de ellas se ajusta mejor a los datos empíricos. Con esta finalidad comparamos a nivel descriptivo las varianzas de las desviaciones de los datos a la función:

$$S^2_{\text{e}} = \sum (S-S')^2 / n-1$$

expresadas sobre el mismo eje de coordenadas; y siendo  $S$  la media geométrica de las estimaciones de la muestra y  $S'$  los valores predichos mediante la ecuación psicofísica.

TABLA I.7

VARIANZAS RESIDUALES GENERADAS POR CADA FUNCION SOBRE LOS PUNTOS (E, S)

	$S^2_{e_j}$
F. LINEAL	11.842963
F. LOGARITMICA	455.08278
F. POTENCIAL	11.406832
F. P. GENERALIZADA	10.545616

Asumiendo que las diferencias entre las varianzas residuales implican una diferencia entre los ajustes, entonces estos resultados nos permiten apoyar la hipótesis H.6, H.8 y H.9, que proponía que el ajuste de Stevens, el lineal y la función potencial generalizada iban a ser mejores que el de Fechner respectivamente, e igualmente rechazamos la hipótesis H.10 que establecía que existirían diferencias entre la función lineal y la función potencial generalizada (considerando que  $10.5 \approx 11.4 \approx 11.8$ ). Tampoco existen diferencias entre ellas con el ajuste potencial. Por

otra parte, no parece que las diferencias entre las varianzas residuales de la función de Stevens y de la potencial generalizada sean lo suficientemente dispares como para reflejar una diferencia entre ambos ajustes. Lo mismo ocurre con la función lineal y la de Stevens. Con estos resultados no podemos aceptar las hipótesis H.7 y H.5 que establecían una superioridad de la función de Stevens sobre la potencial generalizada y la lineal, respectivamente.

#### 5.1.3. D I S C U S I O N . -

---

Analizando de forma general los resultados obtenidos, vemos que las cuatro primeras hipótesis planteadas pueden ser confirmadas en las dos situaciones. Cuando se ajustan las funciones a las medias geométricas individuales, los análisis de varianza ponen de manifiesto que existe un alto componente lineal en los puntos, por lo que pueden ser bien descritos por distintos tipos de funciones monótonas crecientes. Se apoya, sin embargo, el que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones sean significativas. Esto quiere decir que, desde el punto de vista teórico, se producen unas diferencias significativas entre el juicio de los observadores y el estimado mediante la función psicofísica lineal. Por esto, queda abierta la

posibilidad de otras funciones no lineales como modelos descriptivos de estos datos.

El análisis de varianza, tal y como lo hemos aplicado, permite descomponer la proporción de varianza explicada por la covariación conjunta en dos partes: Una debida a la función lineal estricta medida por  $r^2_{(*)}$ , y otra debida a la covariación no lineal, medida por  $n^2$ . El análisis descriptivo de estos índices apoya la hipótesis de que la función de Stevens, en coordenadas logarítmicas, es la que ofrece un mayor componente lineal y menores desviaciones de la linealidad en comparación con las restantes. De esta comparación se deduce que, en esta situación, el mejor ajuste lo ofrece la función de Stevens. La función de Fechner es la que peor se ajusta, mostrando menor proporción de varianza explicada y una diferencia menor entre los componentes lineal y no lineal.

En la segunda situación, cuando se promedian todas las medias geométricas individuales, la proporción de varianza explicada aumenta y también incrementa el componente lineal, medido en este caso por  $r^2$ . En esta situación no se producen diferencias entre los ajustes de las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada como ocurría en la situación anterior. La función logarítmica sigue

manteniendo el ajuste más pobre. De este hecho, se deduce un aumento en la linealidad de los datos como consecuencia de promediar todas las medias geométricas individuales.

Visto lo anterior, convendría cambiar las condiciones experimentales con el fin de estudiar mejor la variabilidad de las estimaciones individuales en otras circunstancias nuevas. Para ello:

- Utilizaremos un estándar con el mismo módulo para todos los sujetos. Con ello homogeneizamos el criterio o unidad de medida de los sujetos.
- Disminuimos el número de sujetos a la mitad.
- Cambiamos la unidad de medida de la magnitud aparente y real a centímetros, que al ser de uso más cotidiano puede arrojar errores más pequeños.
- Eliminamos los cuatro estímulos mayores pues estos presentaron mayores dificultades en su percepción a través del taquistoscopio.

Con estas variaciones haremos los mismos análisis que en el caso previo: veremos si podemos obtener alguna función

psicofísica cuando se consideran tanto los datos de la muestra sin promediar totalmente como los promediados globalmente; veremos si se producen cambios en los parámetros en estas dos situaciones y si existen cambios en la bondad de ajuste de las funciones con los datos promediados.

Por todo esto diseñamos el Experimento 2.

## 5.2. EXPERIMENTO - 2

---

Como hemos apuntado, pretendemos seguir profundizando en el estudio del ajuste de las funciones psicofísicas.

Básicamente, vamos a seguir el mismo esquema del experimento primero. Mantenemos la técnica de estimación de magnitudes e incluimos las variaciones ya señaladas, dirigidas a disminuir la variabilidad de las estimaciones ante cada intensidad estimular, con el fin de poder obtener una función descriptiva cuando se ajustan a los datos promediados total o parcialmente mediante la obtención de las medias geométricas individuales.

Mantenemos las dos partes señaladas en la descripción de los experimentos: las comprobaciones empíricas de las cuatro funciones propuestas cuando se ajustan a los datos empíricos obtenidos individualmente, promediando las cinco observaciones por sujeto ante cada estímulo, y cuando se promedian globalmente para dar una medida de la magnitud percibida por el grupo.

También mantendremos las mismas diez hipótesis del experimento primero, y añadimos otra nueva:

H.11 : Con los datos promediados parcial y globalmente, el poder predictivo de cada función aumentará significativamente respecto a las funciones correspondientes del experimento primero.

5.2.1. M E T O D O .-

-----

SUJETOS :

-----

En este experimento, participaron diez observadores, cinco varones y cinco mujeres con edades comprendidas entre los 23 y 39 años, que nunca habían participado en un experimento de estas características. No estaban familiarizados con la técnica de estimación de magnitudes, ni con experimentos de discriminación y no recibieron ninguna gratificación ni recompensa por su participación.

ESTIMULOS Y APARATOS :

-----

Se prepararon dieciséis cartulinas blancas de dimensiones 22 x 32 cm. Como las tarjetas se presentaban en

un taquistoscopio, el sujeto sólo veía un cuadrado de 22 cm de lado, en cuyo centro, y equidistantes de los extremos, tenían dibujadas barras negras verticales de un grosor aproximado de 1.5 mm, con longitudes que oscilaban desde 1 cm. la más pequeña a 16 cm. la mayor, con variaciones de 1 cm. entre ellas. Como se ve, estos estímulos son los mismos que los empleados en el experimento anterior, eliminando las cuatro barras de longitudes superiores a los 16 cm. que presentaron mayores dificultades en su percepción debido, probablemente, a que sus extremos quedaban próximos a los límites de la pantalla de proyección del taquistoscopio y podían no ser percibidos adecuadamente. El ángulo de visión era de 62. El resto del instrumental fue igual que en el experimento 1.

#### PROCEDIMIENTO. -

---

El experimento se realizó por las mañanas en el laboratorio del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la U.N.E.D.. A los sujetos no se les había hablado previamente de la tarea que tenían que realizar, que solo conocían cuando leían las instrucciones (ver anexo 5) que se entregaban al entrar en el laboratorio y sentarse delante del taquistoscopio.

A cada sujeto se le presentó la serie de dieciséis estímulos ordenados aleatoriamente. Antes de la presentación de cada estímulo podían ver el estímulo estándar de longitud igual a 8 cm y de módulo igual a su longitud real, que proporcionaba el experimentador a todos los sujetos a través del canal 3 del taquistoscopio, igual que en el experimento primero.

Para la presentación de los estímulos utilizamos el mismo taquistoscopio conectado al ordenador Apple II que lo gobernaba y que permitía la introducción de las respuestas dadas por el sujeto.

Por lo demás, el procedimiento es el mismo que el seguido en el experimento anterior y responde a un diseño intragrupos con diez sujetos y dieciséis condiciones experimentales.

#### 5.2.2. RESULTADOS.-

-----

Los datos básicos del experimento se incluyen en el anexo número 6.

Primeramente se calcularon las medias geométricas de las cinco estimaciones realizadas por cada sujeto a cada uno de los estímulos.

Hecho esto, obtenemos las distintas funciones psicofísicas que se han propuesto por el método de mínimos cuadrados. La función lineal resultante es

$$S = 0.7067396 + 0.947892 E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.95809 \text{ siendo } r^2 = 0.917936$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 42.04$ ;  $g.l. = 159$   $p < 0.01$ ) y también significativamente mayor que el obtenido para la misma función en el experimento primero ( $z = 9.303$ ;  $p < 0.01$ )

Sin embargo, contrastamos este alto coeficiente de correlación con los resultados del ANOVA aplicado para contrastar la hipótesis de que las desviaciones de la función a los datos empíricos no difieren significativamente de cero. Los datos aparecen en la tabla II.1

TABLA II.1

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION LINEAL

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. LINEAL	1866.5884	1	1866.5884	1034.33
DESVIACIONES	1202.3715	14	85.883679	47.5907
INTRA	259.86673	144	1.80463	
TOTAL	3328.82664	159		

Este ANOVA nos permite concluir que si bien la función es significativa, las desviaciones también lo son, puesto que  $F(0.99; 1,144)=6.63$  y  $F(0.99; 14,144)= 2.04$ , lo que indica que otras funciones no lineales pueden ajustarse también a estos datos con un cierto poder predictivo. A la vista de estos resultados, podemos contrastar nuestra primera hipótesis, que formulaba la linealidad entre la magnitud aparente y la magnitud real de los estímulos. Considerando que la ordenada en el origen es casi cero y la

pendiente está muy próxima a la unidad, podríamos decir que, en plan descriptivo, existe casi una relación de proporcionalidad entre E y S.

Del coeficiente de determinación, se desprende que el 91.79% de la varianza total se explica por la covariación conjunta. Esta proporción, puede desdoblarse en dos partes: una debida a la magnitud de la relación lineal "estricta", que se obtiene mediante el cociente entre la suma de cuadrados debida a la función y la suma de cuadrados total, y vale:

$$r^2(*) = 0.5607$$

y la otra debida a la magnitud de las desviaciones, que se obtiene dividiendo la suma de cuadrados debida a las desviaciones entre la suma de cuadrados total, y vale:

$$n^2 = 0.3612$$

De la comparación, en plan descriptivo, entre estos dos coeficientes, se deduce un mayor componente lineal que no lineal y, en consecuencia, un buen ajuste lineal de esta función a los datos. Por tanto, estos resultados nos permiten apoyar nuestra primera hipótesis H.1.

Posteriormente, calculamos la función logarítmica que adopta la siguiente expresión

$$S = -1.544914 + 5.37756 \log E$$

Con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.900958 \text{ siendo } r^2 = 0.811725$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t=26.1$ ;  $p<0.01$ ) y significativamente mayor que el obtenido para la misma función en el experimento primero ( $z = 5.989$ ;  $p<0.01$ ).

El ANOVA aplicado para contrastar la significación de la desviación de los datos empíricos a la función proporciona un valor del estadístico  $F = 58.083$  (tabla II.2) que es significativo ( $p<0.01$ ) lo que nos lleva a ampliar la opción de linealidad de la función logarítmica expresada en coordenadas semilogarítmicas ( $\log E$  y  $S$ ), por la posibilidad de otro tipo de relación curvilínea entre estas variables,

TABLA II.2

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION DE FECHNER.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
P. FECHNER	1601.4868	1	1601.4868	887.432
DESVIACIONES	1467.4731	14	104.8195	58.083
INTRA	259.86673	144	1.80463	
TOTAL	3328.82664	159		

Estos resultados, no son incompatibles con la hipótesis segunda H.2, que afirmaba que la magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal del logaritmo de su tamaño real. Del coeficiente de determinación,  $r^2$ , se desprende que el 81.17% de la varianza de S se explica por la variación de log E. Como en el caso anterior, esta proporción puede desdoblarse en dos partes: una debida a la magnitud de la relación "estrictamente" lineal debida a la

función logarítmica,  $r^2(*)$ , y otra debida a la magnitud de las desviaciones,  $n^2$ , obteniendo los siguientes resultados:

$$r^2(*) = 0.4811$$

$$n^2 = 0.4408$$

De la comparación, en plan descriptivo, de estos coeficientes se observa que aun siendo el componente lineal ligeramente superior, la magnitud de las desviaciones también es alta, indicando un ajuste peor.

Continuando con el mismo proceso, pasamos a estudiar la función potencial, que bajo estas condiciones experimentales es :

$$S = 1.98566 E^{0.879522}$$

con un coeficiente de correlación

$$r = 0.9772178 \text{ siendo } r^2 = 0.954954$$

y  $r$  también es significativamente distinto de cero ( $t=57.8$ ;  $p < 0.01$ ) y significativamente mayor que el obtenido, para la misma función, en el experimento primero ( $z=10.33$ ;  $p < 0.01$ ).

Como se ha venido haciendo hasta ahora, aplicamos un ANOVA para el estudio de la significación de las desviaciones de la linealidad y cuyos resultados se muestran en la tabla II.3.

TABLA II.3

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION DE STEVENS.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. STEVENS	13.09686745	1	13.09686745	2991.1252
DESVIACIONES	0.61778145	14	0.04412724643	10.07799165
INTRA	0.63051486	144	0.00437857541	
TOTAL	14.3451638	159		

Esto nos permite rechazar la hipótesis de que las desviaciones de los puntos a la función sean nulos, ya que el  $F = 10.076$  obtenido es mayor que  $F(0.99; 14, 144) = 2.04$ .

Por ello, además de considerar a la función de Stevens como función psicofísica para describir nuestros datos, tal y como formulábamos en la tercera hipótesis, H.3, cabe la posibilidad de otras funciones curvilíneas que se puedan ajustar a los datos definidos por  $(\log E, \log S)$ . Por otro lado, de los resultados obtenidos en el ANOVA, obtenemos la magnitud de la relación estrictamente lineal debida a la función de Stevens, y vale:

$$r^2(*) = 0.9129$$

La magnitud de las desviaciones de los datos es:

$$n^2 = 0.0463$$

que pone de manifiesto un mayor componente lineal.

Finalmente, considerando la función potencial generalizada, obtenemos:

$$S = 0.7812 + 0.91138268 E^{1.012}$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.9581 \text{ siendo } r^2 = 0.91795$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t=42.04$ ;  $p<0.01$ ) y significativamente mayor que el obtenido en el experimento primero para la misma función ( $z=9.299$  ;  $p<0.01$ )

El ANOVA aplicado para contrastar la linealidad de esta función origina los resultados que se muestran en la tabla II.4.

TABLA II.4

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION POTENCIAL GENERALIZADA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. POTENCIAL	2617.1695	2	1408.5848	780.5394
DESVIACIONES	251.74035	13	19.368489	10.732
INTRA	259.86673	144	1.80463	
TOTAL	3328.82664	159		

Como el valor del estadístico F obtenido para el estudio de la significación de las desviaciones es mayor que  $F(0.99; 13, 144) = 2.04$  rechazamos la hipótesis de que las desviaciones son cero, como a aceptar el poder predictivo de la función ajustada a esta nube de puntos, ya que el  $F = 780.5$  es mayor que  $F(0.99; 2, 144) = 4.61$ . Como en el caso de las funciones anteriores, calculamos la magnitud de la relación debida a la función potencial generalizada, que vale:

$$r^2(*) = 0.8463$$

y la magnitud de las desviaciones a la función es:

$$n^2 = 0.0756$$

Comparando, a nivel descriptivo, estos resultados, se observa claramente la superioridad de la relación lineal sobre la no lineal, confirmando el buen ajuste lineal de esta función. Estos resultados nos permiten confirmar nuestra cuarta hipótesis H.4

El análisis descriptivo de los datos de la tabla II.5 donde se incluyen, para cada función, el coeficiente de determinación,  $r^2$ , la magnitud de la relación

"estrictamente" lineal,  $r^2(*)$ , y la magnitud de las desviaciones de la linealidad,  $n^2$ , nos permite descubrir cual de las funciones ofrece el mejor ajuste no curvilíneo.

TABLA II.5: MEDIDAS DE AJUSTE DE LAS FUNCIONES PSICOFÍSICAS.

	$r^2$	$r^2(*)$	$n^2$
F. LINEAL	0.917936	0.5607	0.3612
F. LOGARITMICA	0.811725	0.4811	0.4408
F. STEVENS	0.954954	0.9129	0.0463
F. P. GENERALIZADA	0.91795	0.8463	0.0756

Comparando la magnitud de las desviaciones de los datos a cada una de las funciones,  $n^2$ , se observa que el mejor ajuste no curvilíneo corresponde a la función de Stevens, seguida por la función potencial generalizada. El peor ajuste lo ofrece la función logarítmica de Fechner, que proporciona la mayor magnitud de las desviaciones, y la función lineal. Con estos resultados podemos apoyar las hipótesis H.5, H.6 y H.7 que planteaban una superioridad del ajuste de Stevens sobre las restantes. También podemos

apoyar las hipótesis H.8 y H.9 ya que los ajustes de la función lineal y potencial generalizada se ajustan mejor que la función de Fechner. Por el contrario, aunque se han obtenido casi idénticos coeficientes de determinación,  $r^2$ , para las funciones lineal y potencial generalizada, la descomposición en componente "estrictamente" lineal y no lineal es bastante desigual en ambas funciones. Del análisis descriptivo de estos coeficientes, se desprende que la función potencial generalizada tiene un mejor ajuste lineal que la función lineal, contrariamente a como establecíamos en la décima hipótesis, H.10.

Puesto que los coeficientes de correlación obtenidos han sido significativamente mayores que los del experimento primero, esto indica un incremento en el poder predictivo de las funciones. Así, se confirma también nuestra última hipótesis H.11, para las cuatro funciones consideradas.

Con el fin de someter a prueba estas mismas hipótesis y ver cómo cambia el ajuste de estas funciones, si promediamos las medidas de las magnitudes estimadas a través de todos los sujetos, calculamos la media geométrica, obteniendo los resultados que se indican en la tabla II.6. A estos datos, promediados globalmente, volvemos a ajustar los cuatro tipos de funciones que estamos tratando.

La función lineal que obtenemos es:

$$S = 0.69357 + 0.9409044 E$$

con un coeficiente de correlación

$$r = 0.997808 \text{ siendo } r^2 = 0.99562$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t=56.4$ ;  $p<0.01$ ) pero que no difiere significativamente del obtenido en el experimento anterior con la función lineal ( $z=0.208$ ;  $p>0.05$ )

TABLA II.6: MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO

ESTIMULO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MEDIA	1.305	2.477	3.639	4.622	5.684	6.619	7.519	8.229	9.124	10.024

ESTIMULO	11	12	13	14	15	16
MEDIA	10.753	11.536	12.597	13.518	15.076	16.341

Así, podemos aceptar la linealidad de estos puntos. Con este resultado vemos que se cumple nuestra primera hipótesis H.1. ya que aceptando la capacidad descriptiva de la función lineal podemos confirmar que la magnitud aparente de nuestros estímulos es función lineal de su tamaño real.

Para someter a prueba las restantes hipótesis tenemos que obtener las funciones logarítmica, potencial y potencial generalizada.

La función logarítmica, ajustada por mínimos cuadrados que obtenemos es:

$$S = -1.56668 + 5.35109 \ln E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.9406328 \text{ siendo } r^2 = 0.88479$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t=10.37$ ;  $p<0.01$ ) pero que no es significativamente mayor que el obtenido en el experimento primero ( $z=0.328$ ;  $p>0.05$ ).

Podemos, por tanto, aceptar la linealidad de la función logarítmica expresada en coordenadas semilogarítmicas ( $\ln E$ ,  $\ln S$ ), lo que nos lleva a confirmar la linealidad de la nube de puntos en estas coordenadas. Con ello, apoyamos nuestra segunda hipótesis, H.2, ya que la función de Fechner constituye un modelo descriptivo para describir la relación entre la intensidad de los estímulos y el promedio de la magnitud de la sensación medida en el grupo.

Por su parte la función potencial de Stevens que obtenemos es:

$$S = 1.34 E^{0.2212}$$

con un coeficiente de correlación:

$$r = 0.9992193 \text{ siendo } r^2 = 0.998439$$

y  $r$  es significativo ( $t=94.63$ ;  $p<0.01$ ) pero no es significativamente mayor que el obtenido en el experimento anterior ( $z=0.906$ ;  $p>0.05$ ).

Dado el alto coeficiente de correlación lineal obtenido podemos admitir la linealidad de los datos y la adecuación del ajuste de esta función lineal en coordenadas

logarítmicas, tal y como formulábamos en la tercera hipótesis H.3.

La pendiente de esta función potencial expresada en coordenadas logarítmicas coincide con el exponente de la función potencial en coordenadas decimales (0.8818). La función no será rectilínea salvo en el caso de que podamos demostrar que el exponente no difiere significativamente de la unidad que es el valor encontrado por distintos autores para este continuo (Stevens y Guirao, 1963; Mashhour y Hoeman, 1968). Esto lo haremos, como en el experimento 1, contrastando si la pendiente de la recta, en coordenadas logarítmicas:

$$\ln S = 0.29267 + 0.8818 \ln E$$

difiere significativamente de la pendiente  $b= 1$ . El estadístico de contraste que obtenemos es  $z= -12.68$  ( $p<0.01$ ) que nos permite rechazar la hipótesis nula y concluir que este exponente difiere significativamente de la unidad. Con ello, la hipótesis tercera, H.3, solo podemos confirmarla parcialmente, pues si bien la magnitud aparente de las longitudes de líneas es proporcional a una potencia de su tamaño real, esta potencia no es 1.

logarítmicas, tal y como formulábamos en la tercera hipótesis H.3.

La pendiente de esta función potencial expresada en coordenadas logarítmicas coincide con el exponente de la función potencial en coordenadas decimales (0.8818). La función no será rectilínea salvo en el caso de que podamos demostrar que el exponente no difiere significativamente de la unidad que es el valor encontrado por distintos autores para este continuo (Stevens y Guirao, 1963; Mashhour y Hoeman, 1968). Esto lo haremos, como en el experimento 1, contrastando si la pendiente de la recta, en coordenadas logarítmicas:

$$\ln S = 0.29267 + 0.8818 \ln E$$

difiere significativamente de la pendiente  $b= 1$ . El estadístico de contraste que obtenemos es  $z= -12.68$  ( $p<0.01$ ) que nos permite rechazar la hipótesis nula y concluir que este exponente difiere significativamente de la unidad. Con ello, la hipótesis tercera, H.3, solo podemos confirmarla parcialmente, pues si bien la magnitud aparente de las longitudes de líneas es proporcional a una potencia de su tamaño real, esta potencia no es 1.

TABLA II.7:

VARIANZAS RESIDUALES GENERADAS POR CADA FUNCION SOBRE LOS PUNTOS (E, S)

	$S^2_{e,s}$
F. LINEAL	0.0882583
F. LOGARITMICA	2.3220625
F. STEVENS	0.1077775
F. P. GENERALIZADA	0.0957936

Si asumimos que las diferencias entre las varianzas de las desviaciones, reflejan diferencias entre los ajustes, entonces estos resultados nos permiten apoyar las hipótesis H.6, H.8 y H.9, ya que la función de Stevens, la función lineal y la función potencial generalizada respectivamente, producen varianzas error menores que la que genera la función logarítmica de Fechner. Esto indica una mayor proximidad de estas funciones a los puntos y por tanto un ajuste mejor. Estas diferencias no son tan claras entre las funciones lineal, potencial generalizada y potencial de Stevens. Aunque en principio, podemos crear la jerarquía: función lineal, función potencial generalizada y función de

TABLA II.7:

VARIANZAS RESIDUALES GENERADAS POR CADA FUNCION SOBRE LOS PUNTOS (E, S)

	$S^2_{e,s}$
F. LINEAL	0.0882583
F. LOGARITMICA	2.3220625
F. STEVENS	0.1077775
F. P. GENERALIZADA	0.0957936

Si asumimos que las diferencias entre las varianzas de las desviaciones, reflejan diferencias entre los ajustes, entonces estos resultados nos permiten apoyar las hipótesis H.6, H.8 y H.9, ya que la función de Stevens, la función lineal y la función potencial generalizada respectivamente, producen varianzas error menores que la que genera la función logarítmica de Fechner. Esto indica una mayor proximidad de estas funciones a los puntos y por tanto un ajuste mejor. Estas diferencias no son tan claras entre las funciones lineal, potencial generalizada y potencial de Stevens. Aunque en principio, podemos crear la jerarquía: función lineal, función potencial generalizada y función de

puede indicar que, en general, el promediar globalmente nubla los efectos reales de los datos.

Con los datos promediados parcialmente los análisis de varianza aplicado a las nubes de puntos a la que hemos ajustado las respectivas funciones, revela que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones son significativas. Esto indica que los datos empíricos observados y promediados parcialmente se ajustan adecuadamente a la linealidad y a la posibilidad de otros ajustes curvilíneos. Los ANOVAS han puesto de manifiesto la superioridad de los ajustes de estas funciones lineales sobre las respectivas opciones curvilíneas. Por esta razón, podemos apoyar las cuatro primeras hipótesis, H.1, H.2, H.3 y H.4 ya que los datos obtenidos se ajustan a las funciones lineal, logarítmica, potencial de Stevens y potencial generalizada.

En cuanto a las diferencias entre los ajustes, la función de Stevens es la que goza de un mejor ajuste lineal, ya que tiene un mayor componente "estrictamente" lineal y menor magnitud de las desviaciones. Por la misma razón, el peor ajuste lo da la función de Fechner que presenta mayor intensidad de relación no lineal. Por su parte, las funciones lineal y potencial generalizada, aun presentando

puede indicar que, en general, el promediar globalmente nubla los efectos reales de los datos.

Con los datos promediados parcialmente los análisis de varianza aplicado a las nubes de puntos a la que hemos ajustado las respectivas funciones, revela que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones son significativas. Esto indica que los datos empíricos observados y promediados parcialmente se ajustan adecuadamente a la linealidad y a la posibilidad de otros ajustes curvilíneos. Los ANOVAS han puesto de manifiesto la superioridad de los ajustes de estas funciones lineales sobre las respectivas opciones curvilíneas. Por esta razón, podemos apoyar las cuatro primeras hipótesis, H.1, H.2, H.3 y H.4 ya que los datos obtenidos se ajustan a las funciones lineal, logarítmica, potencial de Stevens y potencial generalizada.

En cuanto a las diferencias entre los ajustes, la función de Stevens es la que goza de un mejor ajuste lineal, ya que tiene un mayor componente "estrictamente" lineal y menor magnitud de las desviaciones. Por la misma razón, el peor ajuste lo da la función de Fechner que presenta mayor intensidad de relación no lineal. Por su parte, las funciones lineal y potencial generalizada, aun presentando

puede indicar que, en general, el promediar globalmente nubla los efectos reales de los datos.

Con los datos promediados parcialmente los análisis de varianza aplicado a las nubes de puntos a la que hemos ajustado las respectivas funciones, revela que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones son significativas. Esto indica que los datos empíricos observados y promediados parcialmente se ajustan adecuadamente a la linealidad y a la posibilidad de otros ajustes curvilíneos. Los ANOVAS han puesto de manifiesto la superioridad de los ajustes de estas funciones lineales sobre las respectivas opciones curvilíneas. Por esta razón, podemos apoyar las cuatro primeras hipótesis, H.1, H.2, H.3 y H.4 ya que los datos obtenidos se ajustan a las funciones lineal, logarítmica, potencial de Stevens y potencial generalizada.

En cuanto a las diferencias entre los ajustes, la función de Stevens es la que goza de un mejor ajuste lineal, ya que tiene un mayor componente "estrictamente" lineal y menor magnitud de las desviaciones. Por la misma razón, el peor ajuste lo da la función de Fechner que presenta mayor intensidad de relación no lineal. Por su parte, las funciones lineal y potencial generalizada, aun presentando

Hay otro aspecto que llama poderosamente la atención y que está referido a los cambios producidos en los parámetros de las funciones entre los que cabe destacar, por su especial significación, el exponente de la función potencial de Stevens. Este exponente ha pasado de un valor muy próximo a 1, que es el encontrado en otros laboratorios, a disminuir hasta 0.88. Hemos podido comprobar que el valor de este exponente es significativamente menor a la unidad comportándose, en este caso, como una función negativamente acelerada. Si consideramos al exponente de Stevens como una medida de la sensibilidad (Baird y Noma, 1978) podríamos concluir que se ha producido una disminución de la misma como consecuencia de las variaciones introducidas en la técnica de estimación de magnitudes respecto al experimento anterior. Esta conclusión es aparentemente contradictoria, pues al disminuir el "ruido" debería aumentar la sensibilidad. Con todo, estos resultados favorecerían la postura de Garriga (1987) sobre el exponente de Stevens como medida de la sensibilidad que concluye que no es buena medida de la sensibilidad ya que no correlaciona significativamente con otras medidas que exigen incluso un menor nivel de medida. Así, estos datos añaden evidencia experimental al rechazo del exponente como medida de la sensibilidad.

Por otro lado, cuando la función potencial no está sometida a la condición restrictiva de pasar por el origen de coordenadas, obtenemos la función potencial generalizada, cuyo exponente, se mantiene próximo a la unidad confirmando la hipótesis de linealidad entre la magnitud aparente y la magnitud real del estímulo defendida en otros laboratorios para este continuo. Esta oscilación entre experimentos, no se produce intra experimento, obteniendo en las dos situaciones consideradas exponentes muy similares.

Otro punto sobre el que se puede hacer alguna observación, es que aunque no se han encontrado grandes diferencias entre los ajustes de las dos funciones potenciales, el coeficiente de correlación de la nube de puntos a la que se ha ajustado la función de Stevens ( $\ln E$  y  $\ln S$ ) es ligeramente mayor que la correspondiente a la función potencial generalizada. Sin embargo, cuando las expresamos sobre el mismo eje de coordenadas decimales, la varianza residual de la función de Stevens es mayor que la que se produce para la función potencial generalizada indicando un ajuste peor, sin embargo, estos resultados no son concluyentes dadas las diferencias tan pequeñas obtenidas en todas estas situaciones.

Todos estos resultados nos llevan a planificar un tercer experimento que aporte más información respecto a la influencia de la utilización de uno o varios estímulos estándar, el efecto de estímulos de intensidad más próximos y de menor amplitud de recorrido en las funciones psicofísicas. En cierto sentido volvemos a aumentar el "ruido" experimental.

Por todo ello diseñamos el experimento 3.

### 5.3. EXPERIMENTO - 3

---

Con este experimento y sin modificar los planteamientos iniciales, ahora aumentamos la complejidad de los mismos.

Para ello, realizaremos más ensayos por sujetos disminuyendo el número de estímulos pero aumentando el número de estimaciones por estímulo, que favorecerá la estabilidad de la media geométrica como medida de la estimación.

Por otra parte, y de acuerdo con Veit (1978) el uso de un mismo estímulo estándar durante todo el experimento conduce a resultados incompletos, por lo que en este experimento nos decidimos a utilizar varios estándares, de tal forma que un mismo estímulo fuese juzgado varias veces con un estándar diferente.

Disminuimos el rango de los estímulos siendo estos más parecidos entre sí, lo que debe forzar, como señala Weiss (1981), a la posible no linealidad de la nube de puntos.

Mantendremos la técnica de estimación de magnitudes, pero con varios estándares cuyos módulos, iguales a su magnitud real, los proporciona el experimentador antes de cada ensayo.

Igualmente mantendremos la misma unidad de medida (centímetros) que en el experimento segundo. Considerando estos aspectos, completaremos el estudio sobre el ajuste de las funciones psicofísicas intentando contrastar las hipótesis formuladas anteriormente. Estas son:

H.1: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de su tamaño real.

H.2: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal del logaritmo de su tamaño real.

H.3: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es proporcional a una potencia de su tamaño real,  $E$ , y esta potencia se aproxima a uno.

H.4: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de una potencia de su tamaño real.

H.5: El ajuste de Stevens es mejor que el lineal.

H.6: El ajuste de la función potencial de Stevens es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.7: El ajuste de la función de Stevens es mejor que el de la función potencial generalizada.

H.8: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.9: El ajuste de la función potencial generalizada es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.10: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función potencial generalizada.

También mantendremos la hipótesis planteada en el experimento segundo:

H.11: Con los datos promediados parcial y globalmente, el poder predictivo de cada función aumentará significativamente respecto a las obtenidas en el experimento segundo.

**S. S. I. M E T O D O. -**

---

**SUJETOS. -**

---

En este experimento participaron diez observadores, cinco mujeres y cinco hombres cuyas edades oscilaban entre los 28 y 42 años . Ninguno de ellos había participado anteriormente en experimentos de esta naturaleza y no recibieron ningún tipo de recompensa por su participación. Los que tenían la visión corregida, hicieron uso de sus gafas durante el experimento.

**ESTIMULOS Y APARATOS. -**

---

Se prepararon dos bloques de diez cartulinas blancas que tenían dibujadas en el centro una barra negra vertical con longitud variable, desde 6 cm. la más pequeña, hasta 10.5 cm. la mayor, con variaciones sucesivas de 0.5. cm. entre ellas. Cada una de estas cartulinas fue reproducida diez veces, con lo que cada bloque estaba constituido

finalmente por 100 cartulinas. Uno de estos bloques sería utilizado como estímulos estándares y el otro como estímulos comparativos. Todas las cartulinas estaban numeradas del 1 al 100 y tenían pegadas, fuera del campo de visión del observador y por la parte que sobresale del taquitoscopio, una etiqueta donde se incluía el número del estímulo y su módulo.

Para la presentación de los estímulos se utilizó un taquistoscopio TKK de 3 canales, controlado por un microordenador Apple II. Por uno de los canales se presentaban los estímulos estándar y por el otro los estímulos comparativos, ambos en órdenes aleatorios, mientras que el tercer canal permanecía inactivo. El encendido de los distintos canales se realizaba mediante programa a través de un interface que trabajaba conjuntamente con el microordenador.

#### PROCEDIMIENTO. -

---

El experimento se realizó por las mañanas en el laboratorio del Departamento de Metodología de las Ciencias

del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la U.N.E.D.

Los observadores entraban en el laboratorio individualmente y se sentaban delante del taquistoscopio. Se les entregaba las instrucciones por escrito (ver anexo número 7) en las que se indicaba que estimasen la longitud de una serie de líneas rectas y verticales en centímetros, utilizando como criterio de referencia otra línea que aparecía siempre delante de cada estímulo a evaluar y de longitud variable. Su módulo (igual a su longitud real) era proporcionado por el experimentador en el momento de su presentación.

Se presentaron cien pares secuenciales de estímulos en distintos ordenes aleatorios para cada observador, que eran proporcionados por el ordenador y diferentes para cada individuo. Primero se presentaba el estímulo estándar y después el estímulo comparativo. La única restricción tenida en cuenta fue que no se repitiese ningún par y se formasen todas las combinaciones posibles de los diez estándares con los diez estímulos comparativos. De esta forma el observador tenía que estimar la longitud aparente de un mismo estímulo diez veces empleando en cada una de ellas un estándar diferente lo que hace un total de cien ensayos de comparación de pares por sujeto.

Los observadores veían primero el estímulo estándar sin limitación de tiempo y cuyo módulo lo proporcionaba el experimentador. Al alcance de su mano disponía de un interruptor que finalizaba la proyección del estándar a la vez que facilitaba la visión del estímulo comparativo cuya longitud tenía que estimar en centímetros. Nuevamente, accionando el interruptor se impedía la visión de cualquier estímulo y permitía al experimentador el cambio de la cartulina y la introducción de las respuestas del sujeto por el teclado al ordenador. El proceso se vuelve a repetir hasta finalizar los cien ensayos, durante los cuales el sujeto no despega la cabeza de la ventanilla del taquistoscopio, no existiendo periodos intermedios de descanso.

Antes de comenzar el experimento se realizaba un ensayo de prueba para asegurarse de que se habían entendido las instrucciones.

El diseño utilizado responde a un diseño intragrupos de 10 sujetos y 10 condiciones experimentales, aleatorizando el orden de presentación de los estímulos para cada sujeto.

## 5.3.2. RESULTADOS. -

Los datos básicos del experimento aparecen en el anexo número 8). Comenzamos calculando las medias geométricas de las estimaciones individuales a cada estímulo. Así se constituye una nube de 100 puntos (10 valores estimulares y 10 medias geométricas correspondientes a cada sujeto) a las que ajustamos las cuatro funciones que constituyen nuestro estudio.

La función lineal que obtenemos es :

$$S = 0.65106 + 0.95077 E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.9619 \text{ siendo } r^2 = 0.92525$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 34.8$ ;  $p < 0.01$ .) confirmándose nuestra primera hipótesis  $H_1$ . Sin embargo este coeficiente de correlación no es significativamente mayor a el obtenido en el experimento anterior ( $z = 0.382$ ;  $p > 0.05$ )

El contraste de la significación de las desviaciones, realizado mediante ANOVA, arroja los resultados que se muestran en la tabla III.1.

TABLA III.1

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION LINEAL.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. LINEAL	172.61614	1	172.61614	1044.8198
DESVIACIONES	13.929835	8	1.7412294	10.530402
INTRA	14.869034	90	0.1652114	
TOTAL	201.415	99		

El valor del estadístico F correspondiente a la función es mayor que el valor crítico  $F(0.99; 1,90) = 6.85$  lo que indica que la función ofrece un buen ajuste a los datos. A

esta misma conclusión se llega estudiando la significación del coeficiente de correlación del que se desprende que un 92.5% de la varianza de S se explica por la variación de E. Sin embargo, del ANOVA se concluye que las desviaciones también son significativas, puesto que el valor obtenido para el estadístico F correspondiente a las desviaciones es mayor que  $F(0.99; 8, 90) = 2.66$  por lo que pueden encontrarse otras funciones no lineales que se ajusten adecuadamente a estos datos.

Así, con estos resultados podemos apoyar nuestra primera hipótesis H.1 ya que la función lineal constituye un modelo de función psicofísica para describir estos datos aunque pueden encontrarse otras opciones de modelos no lineales también descriptivas.

La magnitud de la asociación debida a la función lineal, es:

$$r^{2(*)} = 0.85701$$

y la magnitud de las desviaciones vale:

$$n^{2} = 0.06916$$

que ponen de manifiesto la mayor intensidad de la relación lineal sobre la no lineal.

En cuanto al ajuste logarítmico de Fechner, se obtiene la siguiente función:

$$S = -7.541686 + 7.65604 \log E$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.959366 \text{ siendo } r^2 = 0.920383$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t=33.66$ ;  $p<0.01$ ) y significativamente mayor que el obtenido bajo las mismas condiciones en el experimento segundo ( $z=3.58$ ;  $p<0.01$ ).

El contraste de la significación de las desviaciones de los puntos ( $\log E$ ,  $S$ ) a la función realizado mediante ANOVA, proporciona los datos que se muestran en la tabla III.2 que nos permite rechazar la hipótesis de no linealidad, ya que el valor del estadístico  $F$  obtenido para la significación de la función es mayor que el valor crítico  $F(0.99; 1; 90) = 6.85$ . La magnitud de la relación debida a la función es:

$$r^2(*) = 0.85244$$

Simultaneamente, y según se desprende de los resultados del ANOVA, las desviaciones de los datos a la función también son significativas ya que el F obtenido correspondiente a las desviaciones es mayor que el valor crítico  $F(0.99; 8, 90) = 2.66$ .

TABLA III.2

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION LOGARITMICA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. FECHNER	171.69376	1	171.69376	1039.2368
DESVIACIONES	14.852208	8	1.856526	11.237275
INTRA	14.869034	90	0.1652114	
TOTAL	201.415	99		

La magnitud de las desviaciones se mide por eta-cuadrado, y vale:

$$\eta^2 = 0.074$$

Estos resultados ponen de manifiesto una mayor intensidad de la relación lineal sobre la no lineal. Con estos datos, podemos apoyar nuestra segunda hipótesis, H2, que establecía que los datos se ajustan a la función logarítmica de Fechner. Sin embargo, son posibles otras opciones de funciones no lineales que pueden ajustarse igualmente a estos datos.

En esta situación el coeficiente de correlación entre log E y S ha aumentado respecto a la función logarítmica del experimento segundo alcanzando un valor muy próximo al obtenido entre E y S. Por otra parte, la pendiente de la función lineal en coordenadas semilogarítmicas es considerablemente mayor que la pendiente de la función lineal. Esto puede deberse al hecho de que la transformación logarítmica en los valores del continuo estimular hace disminuir la amplitud de estos valores pudiendo producirse pendientes más altas.

Posteriormente calculamos la función potencial de Stevens, obteniendo la ecuación:

$$S = 1.4297 E^{0.9214}$$

con un coeficiente de correlación lineal:

$$r = 0.9655 \text{ siendo } r^2 = 0.93219$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 36.71$ ;  $p < 0.01$ ) y que no difiere del obtenido en el experimento segundo ( $z = 1.63$ ;  $p > 0.05$ ) siendo un valor muy similar al obtenido anteriormente para la función lineal y logarítmica.

La aplicación del ANOVA para el contraste de la significación de las desviaciones de los datos a la función de Stevens, y cuyos resultados se muestran en la tabla III.3, nos lleva a aceptar la hipótesis de linealidad ( $F = 10.65 > F(0.99; 8.90) = 2.66$ ) lo que pone de manifiesto que podemos aplicar la función potencial de Stevens como modelo descriptivo a esta situación. Además, puesto que estas desviaciones son significativas, también podemos ajustar otra función curvilínea a estos datos. La magnitud de las desviaciones debida a la función de Stevens, es:

$$r^2(*) = 0.86995$$

y la magnitud de las desviaciones, medida por eta-cuadrado, es:

$$\eta^2 = 0.0632$$

Estos resultados nos permiten descubrir un mayor componente lineal de la nube de puntos que no lineal.

TABLA III.3

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION POTENCIAL DE STEVENS.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. STEVENS	0.4724101951	1	0.4724101951	1172.3245
DESVIACIONES	0.034349657	8	0.0042937071	10.65518
INTRA	0.036267191	90	0.00040296879	
TOTAL	0.543027043	99		

Por lo tanto, estos resultados nos permiten apoyar nuestra tercera hipótesis H.3 ya que hasta ahora hemos podido demostrar que la función de Stevens constituye un modelo descriptivo adecuado a los datos obtenidos.

Finalmente, la función potencial generalizada que obtenemos es:

$$S = -0.06992446 + 1.2461 E^{0.914}$$

con un coeficiente de correlación lineal

$$r = 0.96195 \text{ siendo } r^2 = 0.925347$$

y  $r$  significativamente distinto de cero ( $t = 34.85$  ;  $p < 0.01$ ) y que no difiere significativamente del obtenido en el experimento segundo ( $z = 0.38$  ;  $p > 0.05$ ).

La tabla III.4 muestra los resultados del ANOVA aplicado para el contraste de la significación de las desviaciones, que indica que las desviaciones de los datos a la función son significativas ( $F=12.039$  ;  $p < 0.01$ ), por lo que no podemos aceptar la hipótesis nula de que las desviaciones de los datos a la función son cero. Estos resultados nos permiten

contemplar la posibilidad de ajustar otros tipos de funciones no lineales para describir los datos empíricos. Además, en base a la primera  $F= 522.4$ , obtenida para contrastar la linealidad de la función, que es mayor que  $F(0.99;2,90)= 4.79$ , los datos se ajustan a este modelo tal y como planteábamos en la cuarta hipótesis,  $H_4$ .

TABLA III.4

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION POTENCIAL GENERALIZADA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. POTENCIAL	172.62263	2	86.311315	522.429
DESVIACIONES	13.923339	7	1.9890484	12.0394
INTRA	14.869034	90	0.1652114	
TOTAL	201.415	99		

La magnitud de la asociación debida a la función potencial generalizada, es:

$$r^2(*) = 0.85705$$

y la magnitud de las desviaciones es:

$$n^2 = 0.0691$$

que ponen de manifiesto el mayor componente lineal que el no lineal de la nube de puntos a la que se ha ajustado esta función.

En consecuencia, las cuatro funciones ofrecen ajustes lineales significativos, como se desprende del estudio de la significación de las  $r^2$  y de los valores F que se obtienen en los análisis de varianza. Por ello, podemos apoyar las primeras cuatro hipótesis planteadas H.1, H.2, H.3 y H.4. Simultáneamente las desviaciones de los puntos a la función también son significativas, lo que nos permite considerar otras opciones de funciones no lineales para describir estos datos.

Estos resultados ponen de manifiesto que los datos empíricos a los que ajustamos estas funciones, tienen un

mayor componente lineal (medido por  $r^2(*)$ ) que no lineal (medido por  $n^2$ ) por lo que pueden ser bien descritos por distintos tipos de funciones monótonas crecientes. Entre estas funciones se encuentran las cuatro que hemos ajustado, más otras opciones de funciones monótonas crecientes no lineales. Con el fin de descubrir cuál de las cuatro funciones tratadas se ajusta mejor a los datos, construimos la tabla III.5 que incluye, para cada función, el coeficiente de determinación,  $r^2$ , la magnitud de la asociación estrictamente lineal debida a la función,  $r^2(*)$ , y la magnitud de las desviaciones a la linealidad,  $n^2$ , obtenidas anteriormente.

TABLA III.5: MEDIDAS DE AJUSTE DE LAS FUNCIONES PSICOFISICAS.

	$r^2$	$r^2(*)$	$n^2$
F. LINEAL	0.92525	0.85701	0.0692
F. LOGARITMICA	0.92038	0.85244	0.074
F. POTENCIAL	0.93219	0.86995	0.0632
F. P. GENERALIZADA	0.925347	0.85705	0.0691

Comparando la magnitud de las desviaciones de los datos a las funciones,  $n^2$ , se observa que, en plan descriptivo el

mejor ajuste no lineal corresponde a la función potencial de Stevens, mientras que la función de Fechner tiene un ajuste peor. Así, las diferencias entre los coeficientes de determinación indican que la función de Stevens explica un 1.18% más de la varianza total que la función de Fechner, que aumenta hasta un 1.7% cuando se comparan la magnitud de la relación estrictamente lineal debidas a cada función. En cualquier caso, no parece que estas diferencias reflejen una supremacía absoluta del ajuste de Stevens sobre la función de Fechner. La función lineal y potencial generalizada proporcionan estadísticos prácticamente idénticos, lo que indicaría una igualdad entre sus ajustes. Con estos resultados, no podemos apoyar las hipótesis H6, H8, y H9 que señalaban un mejor ajuste de la función de Stevens, de la función lineal y de la potencial generalizada respectivamente sobre la función logarítmica de Fechner. Tampoco podemos apoyar las hipótesis H5 y H7, por cuanto el ajuste de la función de Stevens no es mejor que el proporcionado por la función lineal y potencial generalizada respectivamente. Con estos resultados, podemos concluir que todos los ajustes son igualmente buenos. La décima hipótesis, H10, establecía un ajuste mejor de la función lineal sobre la potencial generalizada, que no podemos apoyar a la luz de los resultados obtenidos.

En cuanto a la hipótesis última, H.11, solo puede ser confirmada para la función logarítmica de Fechner, que ha aumentado significativamente su poder predictivo respecto a los resultados obtenidos en el experimento segundo, alcanzando valores muy próximos a los de las restantes funciones, contrariamente a como ocurría en los experimentos primero y segundo.

Estudiaremos ahora, el ajuste de estas funciones cuando se promedian globalmente todas las estimaciones de los sujetos de la muestra. Para ello, calculamos las medias geométricas de las estimaciones realizadas por todos los individuos a un mismo estímulo, obteniendo diez pares de puntos (tabla III. 6) a la que vamos a ajustar las cuatro funciones que estamos considerando.

TABLA III.6 :

MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO POR ESTIMULO

ESTIMULO	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
MEDIA	6.381	6.739	7.343	7.736	8.278	8.646	9.274	9.713	10.116	10.582

En cuanto a la hipótesis última, H.11, solo puede ser confirmada para la función logarítmica de Fechner, que ha aumentado significativamente su poder predictivo respecto a los resultados obtenidos en el experimento segundo, alcanzando valores muy próximos a los de las restantes funciones, contrariamente a como ocurría en los experimentos primero y segundo.

Estudiaremos ahora, el ajuste de estas funciones cuando se promedian globalmente todas las estimaciones de los sujetos de la muestra. Para ello, calculamos las medias geométricas de las estimaciones realizadas por todos los individuos a un mismo estímulo, obteniendo diez pares de puntos (tabla III. 6) a la que vamos a ajustar las cuatro funciones que estamos considerando.

TABLA III.6 :

MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO POR ESTIMULO

ESTIMULO	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
MEDIA	6.381	6.739	7.343	7.736	8.278	8.646	9.274	9.713	10.116	10.582

En cuanto a la hipótesis última, H.11, solo puede ser confirmada para la función logarítmica de Fechner, que ha aumentado significativamente su poder predictivo respecto a los resultados obtenidos en el experimento segundo, alcanzando valores muy próximos a los de las restantes funciones, contrariamente a como ocurría en los experimentos primero y segundo.

Estudiaremos ahora, el ajuste de estas funciones cuando se promedian globalmente todas las estimaciones de los sujetos de la muestra. Para ello, calculamos las medias geométricas de las estimaciones realizadas por todos los individuos a un mismo estímulo, obteniendo diez pares de puntos (tabla III. 6) a la que vamos a ajustar las cuatro funciones que estamos considerando.

TABLA III.6 :

MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO POR ESTIMULO

ESTIMULO	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
MEDIA	6.381	6.739	7.343	7.736	8.278	8.646	9.274	9.713	10.116	10.582

En cuanto a la hipótesis última, H.11, solo puede ser confirmada para la función logarítmica de Fechner, que ha aumentado significativamente su poder predictivo respecto a los resultados obtenidos en el experimento segundo, alcanzando valores muy próximos a los de las restantes funciones, contrariamente a como ocurría en los experimentos primero y segundo.

Estudiaremos ahora, el ajuste de estas funciones cuando se promedian globalmente todas las estimaciones de los sujetos de la muestra. Para ello, calculamos las medias geométricas de las estimaciones realizadas por todos los individuos a un mismo estímulo, obteniendo diez pares de puntos (tabla III. 6) a la que vamos a ajustar las cuatro funciones que estamos considerando.

TABLA III.6 :

MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO POR ESTIMULO

ESTIMULO	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
MEDIA	6.381	6.739	7.343	7.736	8.278	8.646	9.274	9.713	10.116	10.582

función potencial generalizada y el peor ajuste lo proporciona la función logarítmica de Fechner, con una varianza error más de cuatro veces superior que las generadas por las otras tres funciones. Por todo ello, y a la vista de estos resultados, podemos apoyar las hipótesis H<sub>6</sub>, H<sub>8</sub> y H<sub>9</sub> que establecían un mejor ajuste de de las funciones de Stevens, lineal y potencial generalizada sobre la función de Fechner.

TABLA III.8

VARIANZAS RESIDUALES GENERADAS POR CADA FUNCION SOBRE LOS PUNTOS (E, S)

	$S^2_j$
F. LINEAL	0.0031333
F. LOGARITMICA	0.0143822
F. POTENCIAL	0.003082
F. P. GENERALIZADA	0.0030791

Por el contrario, no podemos apoyar las hipótesis H7 y H10 por cuanto ni la función de Stevens ni la lineal sugieren un mejor ajuste que la función potencial generalizada. De igual forma, y puesto que la función de Stevens no se ajusta mejor que la lineal, tampoco podemos apoyar la hipótesis H5. Todo esto nos lleva a concluir que bajo estas condiciones experimentales no se han detectado diferencias entre la bondad de los ajustes de las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada. En cuanto a la última hipótesis, H11, con los datos promediados globalmente, sólo la función logarítmica de Fechner ha aumentado su capacidad predictiva -medida por  $r^2$  - respecto a la misma función obtenida en el experimento segundo.

### 5.3.3. D I S C U S I O N .-

---

Analizando nuestros resultados de forma general, vemos que cuando se trata de obtener la función psicofísica ajustada a los puntos definidos por la intensidad del estímulo y las medias geométricas de las estimaciones individuales, las cuatro funciones planteadas pueden asumirse como modelos descriptivos adecuados. Sin embargo, simultáneamente, las desviaciones de los puntos a cada una

de las funciones son significativas, indicando con ello que otros modelos no lineales son susceptibles de ajustarse también a estos mismos datos. Con todo, para cada función, el ajuste lineal es mejor que el curvilíneo según se deduce de la comparación entre la magnitud de la asociación debida a cada función y la magnitud de las desviaciones.

Por otra parte, sólo la correlación entre los valores  $\log E$  y  $S$  a los que se ha ajustado la función logarítmica, ha aumentado significativamente respecto a los obtenidos en el experimento segundo, alcanzando valores muy próximos a los obtenidos con las otras funciones. Esto puede deberse a que la disminución del número de puntos utilizados y del rango de valores estimulares pueden favorecer la linealidad de la nube de puntos, o bien, a que las variables experimentales introducidas -como la utilización de varios estándares- favorezcan diferencialmente a la función logarítmica de Fechner, lo cual debe ser investigado con más detalle aislando estas condiciones. Podríamos añadir que cuando se aumenta el "ruido" bajo nuestras condiciones experimentales, las cuatro medidas de la bondad de ajuste se homogenizan y los cuatro ajustes serían igual de buenos.

En este experimento, y cuando los datos se promedian globalmente, no se han encontrado diferencias entre los

ajustes proporcionados por las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada. En cuanto al exponente de la función de Stevens, se ha podido comprobar que, bajo estas condiciones experimentales, difiere significativamente de la unidad.

Igualmente, y cuando los datos se promedian globalmente, también se produce un aumento significativo de la correlación entre los puntos definidos por  $\ln E$  y  $S$  a la que se ajusta la función de Fechner, lo que confirma el aumento predictivo de la función logarítmica a la que cabe aplicar la misma interpretación que la apuntada anteriormente. Con todo, esta función genera una varianza residual considerablemente mayor, y en consecuencia muestra peor ajuste que las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el experimento segundo, hay que hacer notar que añadiendo más "ruido" en la presentación de los estímulos, sólo la función logarítmica de Fechner mejora su grado de ajuste. Por el contrario, los grados de ajuste de las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada, se mantienen homogéneos respecto a los obtenidos en el experimento segundo en el cual se había eliminado "ruido" al utilizar el

mismo estándar en todos los ensayos. Esto no ocurre en otras modalidades sensoriales en la que los ajustes disminuyen en esta situación y así se ha comprobado en el olfato (Garriga, 1985), en la visión (Fontes, 1988), y en el tacto (Coello, 1988).

Estos resultados nos llevan a planificar un cuarto experimento. En este, manteniendo los mismos estímulos cambiaremos la técnica de medida de la sensación y presentaremos simultáneamente el estímulo estándar y el comparativo y veremos el efecto que produce sobre los ajustes de las funciones psicofísicas.

#### 5.4. EXPERIMENTO - 4

---

En este último experimento seguimos aumentando la complejidad de los anteriores y, manteniendo los mismos planteamientos, nuestro propósito es ver cual es el efecto de estas nuevas variantes sobre el ajuste de las funciones psicofísicas.

La principal variante que introduciremos afecta a la técnica aplicada que en este caso será una modificación de la técnica triangular. Esta técnica fue desarrollada originalmente para estudios sobre discriminación sensorial. El procedimiento experimental requiere la presentación de tres estímulos en cada prueba. Dos de estos estímulos son iguales y el otro puede variar o no respecto a los anteriores. La aplicación apropiada de esta técnica exige que los estímulos sean potencialmente discriminables respecto a un único atributo sensorial.

Como prueba de discriminación sensorial, una de sus principales desventajas es que no proporciona información de la magnitud de la discriminación sensorial, por lo que se han propuesto algunas alternativas para compensar esta

pérdida de información. Una de estas, es la prueba triangular modificada o prueba triangular extendida (Bradley y Harmont, 1964) que constituye una extensión de la técnica triangular tradicional, donde después que el observador selecciona el estímulo diferente, evalúa la magnitud de la diferencia sensorial entre el estímulo seleccionado como distinto y los otros dos.

Una de las principales debilidades teóricas de esta técnica se presenta cuando el sujeto selecciona como estímulo diferente uno del par idéntico y realiza la estimación de la magnitud sensorial a partir del tercer estímulo, que es idéntico a uno de los otros dos del par restante, donde ha identificado el estímulo distinto, siendo iguales. Desde el punto de vista práctico, estas dificultades se pueden interpretar como ruido sensorial y puede afectar la medida de la sensibilidad indicada por el exponente (o pendiente) de las funciones psicofísicas, o en la bondad de sus ajustes.

La aplicación de esta técnica la realizamos empleando diez estímulos diferentes con intensidades que varían desde 6 cm. la más pequeña hasta 10.5 cm la mayor con variaciones entre estímulos de 0.5 cm. Estos estímulos son los mismos que utilizamos en el experimento tercero. La presentación

del estímulo estándar y el comparativo es simultánea y no secuencial como en los experimentos anteriores. Así que nuestra técnica conlleva esta variante a tener en cuenta.

Con ella completaremos el estudio de los ajustes de las funciones psicofísicas distinguiendo siempre las dos situaciones que hemos venido manteniendo hasta el momento, esto es, el promedio total y parcial de los datos muestrales mediante la media geométrica, y mantendremos las mismas once hipótesis. Estas son:

H.1: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de su tamaño real.

H.2: La magnitud aparente de longitudes de líneas es función lineal del logaritmo de su tamaño real.

H.3: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es proporcional a una potencia de su tamaño real, y esta potencia se aproxima a uno.

H.4: La magnitud aparente de las longitudes de líneas es función lineal de una potencia de su tamaño real.

H.5: El ajuste de Stevens es mejor que el lineal.

H.6: El ajuste de la función potencial de Stevens es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.7: El ajuste de la función de Stevens es mejor que el de la función potencial generalizada.

H.8: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.9: El ajuste de la función potencial generalizada es mejor que el de la función logarítmica de Fechner.

H.10: El ajuste de la función lineal es mejor que el de la función potencial generalizada.

H.11: Con los datos promediados parcial y globalmente, el poder predictivo de cada función aumentará significativamente respecto a las obtenidas en el experimento tercero.

#### 5.4.1. M E T O D O. -

---

#### SUJETOS. -

---

Participaron diez observadores, alumnos de Psicología Matemática II de 2º curso de Psicología de la U.N.E.D., de los cuales cinco eran varones y cinco mujeres con edades comprendidas entre los 25 y 37 años. Ninguno de ellos había

participado anteriormente en experimentos de discriminación y estimación de magnitudes, aunque tenían algunas nociones de Psicofísica general. Con estos diez alumnos se formó un grupo de prácticas y recibieron posteriormente una clase teórica sobre medida de la sensación y técnicas psicofísicas y se les explicó en qué consistía el experimento. Por su participación recibieron un certificado de asistencia que se valoraba positivamente en la asignatura de Psicología Experimental.

#### ESTIMULOS Y APARATOS. -

---

Se emplearon los mismos diez estímulos del experimento anterior. Con estos diez estímulos se formaron trescientas triadas diferentes, bien por la magnitud de los segmentos, por su situación dentro de las triadas o por la repetición del elemento en la triada, a la que se añade la posibilidad de igualdad de los tres estímulos. Cada triada se dibujaba en negro sobre cartulina blanca y cada estímulo en alturas diferentes, como se puede apreciar en el ejemplo incluido en el anexo número 11.

Los estímulos fueron ordenados aleatoriamente y separados en tres bloques de cien cada uno de los cuales se presentó en una sesión durante tres días consecutivos.

Para distinguir el módulo de los dos estímulos iguales considerados como estándar, cada cartulina llevaba pegada, por la parte que sobresale del taquistoscopio y oculta a la visión del observador, una etiqueta donde se indicaba el módulo que era dado a conocer por el experimentador en el momento de su presentación.

Para la presentación de los estímulos se utilizó el mismo taquistoscopio y ordenador que venimos utilizando anteriormente con el software diseñado especialmente para este experimento.

#### PROCEDIMIENTO. -

---

El experimento se realizó por las tardes en el laboratorio del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la U. N. E. D.

Cada tarde se pasaba el experimento a tres sujetos que volvían a repetirlo durante los dos días siguientes consecutivos. Cuando se terminaba con tres, se citaba a otro grupo de tres, asegurando que se pudiera realizar la prueba en tres tardes consecutivas, hasta completar la muestra de diez observadores.

Los sujetos entraban de uno en uno en el laboratorio. Se sentaban delante del taquistoscopio y se les facilitaban las instrucciones por escrito (ver anexo número 9). Como ya se ha señalado la técnica empleada fue la triangular extendida. Las trescientas triadas se presentaron en el mismo orden aleatorio para todos los sujetos.

Cada observador veía, a través del taquistoscopio y presentado por un canal, la lámina con los tres estímulos sin limitación de tiempo. Una vez que señalaban la posición del estímulo que consideraban diferente y la dirección de la diferencia (mayor - igual - menor) el experimentador proporcionaba el módulo - igual a la magnitud real- de los otros dos estímulos considerados iguales y se le pedía que estimase, en centímetros, la magnitud del estímulo que consideraban diferente.

El observador dispone de un interruptor que finaliza la presentación del estímulo y permite la introducción de las respuestas por el teclado del ordenador y el cambio de la triada. Por lo demás el procedimiento es el mismo que el aplicado en los otros experimentos.

Como se ve, el diseño utilizado fue un diseño intragrupos con diez sujetos y diez condiciones experimentales con tres posiciones distintas de los estímulos y aleatorizando el orden de presentación.

#### 5.4.2. RESULTADOS.-

---

Los datos básicos del experimento aparecen en el anexo número 10. Comenzamos calculando para cada sujeto las medias geométricas de las treinta estimaciones realizadas a cada estímulo, obteniendo una nube formada por cien puntos (10 estímulos y 10 medias geométricas individuales por estímulo) a la que ajustamos las cuatro funciones que venimos estudiando hasta ahora.

La tabla IV.1 presenta las cuatro funciones obtenidas y los coeficientes de correlación de las respectivas nubes de puntos a las que se han ajustado las correspondientes funciones, los coeficientes de determinación,  $r^2$ , y los estadísticos de contraste  $t$  y  $z$  para las hipótesis nulas  $\rho=0$  y  $\rho_4 = \rho_3$ .

Con el fin de ver si se mantiene la tendencia alcista de los coeficientes de correlación, se estudia si existen diferencias significativas respecto a los obtenidos en el experimento tres, para lo que calculamos el estadístico  $z$  que nos permite contrastar la hipótesis nula:  $\rho_4 = \rho_3$ .

Los valores de los estadísticos de contraste  $z$  que se han obtenido indican que, con un nivel de confianza del 99 % en un contraste unilateral, solo ha aumentado significativamente la correlación entre los puntos definidos por  $\log E$  y  $S$ , a los que se ha ajustado la función logarítmica de Fechner, indicando un aumento significativo en la proporción de la varianza de la sensación explicada por la variación del logaritmo de la intensidad del estímulo.

TABLA IV. 1

FUNCIONES PSICOFISICAS Y ESTADISTICOS DE CONTRASTE DEL COEFICIENTE DE CORRELACION PARA  $\rho = 0$  y  $\rho_+ = \rho_0$ .

FUNCIONES		r	t	z
LINEAL	$S=1.55642+0.798247 E$	0.9786218	47.1	2.03
		0.9577006	(**)	(*)
LOGARITMICA (FECHNER)	$S=-5.37396+6.45263 \log E$	0.9797689	48.46	2.46
		0.9599471	(**)	(**)
POTENCIAL (STEVENS)	$S=2.44545 E^{0.8105}$	0.9809418	49.97	2.09
		0.9622468	(**)	(*)
POTENCIAL GENERALIZ.	$S=-14.39756+12.31367 E^{0.266}$	0.9801287	48.91	2.29
		0.960652	(**)	(*)

(\*)  $p < 0.05$

(\*\*)  $p < 0.01$

Este aumento significativo de los coeficientes de correlación, se traduce como un aumento en el poder predictivo de esta función, lo que confirma la hipótesis H.11 solo referida a la función de Fechner, no siendo

extensible a la función lineal y las dos funciones potenciales.

Todos los coeficientes de correlación son significativos como se desprende de los valores que alcanzan los estadísticos de contraste  $t$ , lo que indica un buen ajuste lineal de las cuatro funciones. La aplicación de los ANOVAS nos permite descubrir si son posibles otros ajustes no lineales a los datos.

Las tablas IV.2; IV.3; IV.4; y IV.5 indican los resultados de los ANOVAS aplicados para contrastar la hipótesis de la significación de las desviaciones de los datos observados a cada una de las funciones en cuestión.

En cada análisis de varianza se obtienen dos valores para el estadístico  $F$  de Snedecor. Uno indica la significación del ajuste y el otro la significación de las desviaciones de los puntos a la función. El ANOVA aplicado a la función lineal proporciona los resultados que se muestran en la tabla IV.2.

TABLA IV.2

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION LINEAL.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. LINEAL	130.39749	1	130.39749	2347.1575
DESVIACIONES	5.7593489	8	0.7199186	12.95855
INTRA	4.9999942	90	0.0555554	
TOTAL	141.156841	99		

$$F(0.99; 1, 90) = 6.85$$

$$F(0.99; 8, 90) = 2.66$$

El valor  $F$  correspondiente a las desviaciones, es mayor que el valor crítico  $F(0.99; 8, 90) = 2.66$ . Este resultado indica que es posible ajustar otra función no lineal a los datos. Sin embargo, tanto el coeficiente de correlación obtenido como el estadístico  $F$  correspondiente a la función

son significativos, lo que indica un buen ajuste lineal de la función. Por otra parte, con estos resultados podemos obtener la magnitud de la relación "estrictamente" lineal debida a la función, y vale:

$$r^2(*) = 0.92377$$

y la magnitud de las desviaciones es:

$$n^2 = 0.0408$$

Con estos datos, se deduce un mayor componente de relación lineal que no lineal en la nube de puntos, lo que nos lleva a apoyar la hipótesis de relación lineal entre E y S planteada en la primera hipótesis, H1.

El ANOVA sobre la función logarítmica de Fechner, proporciona los resultados de la tabla IV.3. Los dos valores obtenidos para F son significativos ya que son mayores que los correspondientes valores críticos de F. Estos resultados indican que, aun existiendo un ajuste lineal significativo sobre los puntos ( $\log E, S$ ), es posible encontrar otra función no lineal que se ajuste a estos datos.

TABLA IV.3

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION LOGARITMICA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. FECHNER	130.70336	1	130.70336	2352.6632
DESVIACIONES	5.4534767	8	0.6816845	12.27033
INTRA	4.9999942	90	0.0555554	
TOTAL	141.156841	99		

$$F(0.99; 1, 90) = 6.85$$

$$F(0.99; 8, 90) = 2.66$$

La magnitud de la asociación debida a la función  
logarítmica, es:

$$r^2(*) = 0.9259$$

y la magnitud de las desviaciones es:

$$n^2 = 0.0386$$

De la comparación, en plan descriptivo, de estos estadísticos se desprende un mayor componente lineal sobre el no lineal, que apoya la conclusión de un buen ajuste lineal de la función a los puntos  $(\log E, S)$  que nos permite apoyar la segunda hipótesis H.2.

El ANOVA de la función potencial de Stevens, arroja los resultados que se incluyen en la tabla IV.4.

Tanto la significación del coeficiente de correlación como el hecho de que el valor de F correspondiente a la función sean significativos, ponen de manifiesto un buen ajuste lineal de la función potencial sobre los puntos  $(\log E, \log S)$ . Con todo, existe la posibilidad de encontrar otro tipo de función no lineal que se ajuste a estos datos, ya que las desviaciones de los datos a la función también son significativas  $(F=11.94 > F(0.99; 8,90))$ .

TABLA IV.4

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES  
A LA FUNCION POTENCIAL DE STEVENS.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. STEVENS	0.393998204	1	0.393998204	2436.089
DESVIACIONES	0.0154582897	8	0.001932286	11.947318
INTRA	0.0145560503	90	0.00016173389	
TOTAL	0.42401254	99		

$$F(0.99; 1, 90) = 6.85$$

$$F(0.99; 8, 90) = 2.66$$

La magnitud de la asociación debida a la función potencial de Stevens, es:

$$r^2(*) = 0.9292$$

y la magnitud de las desviaciones es:

$$n^2 = 0.0364$$

que implica un buen ajuste lineal de la función sobre los puntos ( $\log E$ ,  $\log S$ ), que nos permite apoyar nuestra tercera hipótesis H.3.

Finalmente, el ANOVA aplicado para estudiar la significación de las desviaciones a la función potencial generalizada ajustada a los puntos promediados parcialmente, arroja los resultados de la tabla IV.5. Puesto que el valor del estadístico F obtenido para las desviaciones es mayor que el valor crítico, esto indica que las desviaciones de los datos a la función son significativas, lo que nos permite contemplar la posibilidad de ajustar otro tipo de función no lineal para describir estos datos.

Además, tanto el coeficiente de correlación como el F de la función son significativos indicando con ello un buen ajuste lineal. Por otra parte, de los resultados de este ANOVA, obtenemos la magnitud de la asociación lineal estricta debida a la función,  $r^2(*)$ , y la magnitud de las desviaciones, que valen respectivamente:

$$r^2(*) = 0.92662$$

$$n^2 = 0.038$$

De la comparación descriptiva de estos valores se deduce un buen ajuste lineal de la función a los puntos.

TABLA IV.5

ANOVA PARA EL CONTRASTE DE LA SIGNIFICACION DE LAS DESVIACIONES A LA FUNCION POTENCIAL GENERALIZADA.

F.V	S.C	G.L	M.C	F
F. POTENCIAL	130.799	2	65.399	1177.1834
DESVIACIONES	5.3574628	7	0.7653518	13.776348
INTRA	4.9999942	90	0.0555554	
TOTAL	141.156841	99		

$$F(0.99; 7, 90) = 2.79$$

$$F(0.99; 2, 90) = 4.79$$

Con estos resultados, y teniendo en cuenta el buen ajuste de esta función, podemos apoyar la cuarta hipótesis H.4 y considerar a la función potencial generalizada como otro modelo más de función psicofísica.

Estos resultados nos permiten, por tanto, considerar a estas cuatro funciones como modelos matemáticos descriptivos de la relación entre la magnitud de la sensación y la intensidad del estímulo que la origina, y podemos apoyar las cuatro hipótesis H.1, H.2, H.3 y H.4 formuladas inicialmente, y solo parcialmente la hipótesis H.11, que establecía el aumento significativo en el poder predictivo de las funciones que solo se ha confirmado para la función logarítmica si consideramos un nivel de confianza del 99%. La hipótesis de mejora se aceptaría sin más para todos los casos si establecemos un nivel de confianza del 95% (ver Tabla IV.1).

Para estudiar las diferencias entre los ajustes de las funciones, comparamos, en plan descriptivo, los distintos coeficientes de correlación que hemos obtenido en cada una de ellas. Para ello, construimos la tabla IV.6 que incluye, para cada función, el coeficiente de determinación,  $r^2$ , la magnitud de la relación "estrictamente" lineal,  $r^2(*)$ , y la magnitud de las desviaciones,  $n^2$ .

TABLA IV.6: MEDIDAS DE AJUSTE DE LAS FUNCIONES PSICOFISICAS.

	$r^2$	$r^2(*)$	$n^2$
F. LINEAL	0.9577	0.92377	0.048
F. LOGARITMICA	0.959947	0.9259	0.0386
F. STEVENS	0.962246	0.9292	0.0364
F. P. GENERALIZADA	0.96965	0.92662	0.038

La comparación descriptiva de estos índices, indican que el mejor ajuste no lineal corresponde a la función de Stevens que tiene menor componente de relación no lineal y simultáneamente mayor intensidad de relación "estrictamente" lineal. En segundo lugar, en cuanto al ajuste, estaría la función potencial generalizada y después la función logarítmica de Fechner. El peor ajuste lo proporciona la función lineal. Con todo, no parece que estas diferencias reflejen en si mismas diferencias reales entre los ajustes. Además, la magnitud de la relación "estrictamente" lineal debida a la función,  $r^2(*)$ , son casi idénticas para las

cuatro funciones. Por tanto, podemos concluir que, con los datos promediados parcialmente, todos los ajustes son igualmente buenos y en consecuencia no apoyamos ninguna de las hipótesis H5, H6, H7, H8, H9 y H10 que establecían diferencias entre los ajustes.

En la segunda situación, cuando promediamos globalmente las estimaciones de todo el grupo, calculamos para cada intensidad estimular la media geométrica obteniendo los resultados que se indican en la tabla IV.6.

TABLA IV.6:

MEDIAS GEOMETRICAS DE LAS ESTIMACIONES DEL GRUPO

ESTIMULO	6	6.5	7	7.5	8
MEDIA	6.2016	6.6978	7.0956	7.525	7.979

ESTIMULO	8.5	9	9.5	10	10.5
MEDIA	8.4457	8.816	9.2737	9.5619	9.6921

A esta nube, constituida por estos diez puntos, ajustamos las mismas cuatro funciones que venimos utilizando y obtenemos los resultados que se incluyen en la tabla IV.7.

Todos los coeficientes de correlación alcanzan valores muy próximos a la unidad siendo, obviamente, significativos según se desprende de los valores obtenidos para el estadístico de contraste t.

Los estadísticos de contraste z calculados para estudiar si estos coeficientes de correlación difieren significativamente de los obtenidos en el experimento tercero, indican que, con un nivel de confianza del 99%, todos permanecen invariables.

TABLA IV.7

FUNCIONES PSICOFISICAS Y ESTADISTICOS DE CONTRASTE DEL COEFICIENTE DE CORRELACION PARA  $\rho = 0$  y  $\rho_+ = \rho_0$ .

FUNCIONES		r	t	z
		r <sup>2</sup>	t	z
LINEAL	S=1.45946+0.80841 E	0.995625	30.13	1.64
		0.991269	(**)	(*)
LOGARITMICA (FECHNER)	S=-5.57769+6.54357 Ln E	0.998143	46.34	0.59
		0.996289	(**)	
POTENCIAL (STEVENS)	S=1.425024 E <sup>0.826</sup>	0.997403	39.17	1.06
		0.994813	(**)	
POTENCIAL GENERALIZ.	S=-57.455+53.1814 E <sup>0.1</sup>	0.9983518	49.20	0.74
		0.996706	(**)	

(\*\*) p<0.01

(\*) p=0.05

Para comprobar si el exponente de la función potencial de Stevens (0.826) difiere significativamente de la unidad,

comprobaremos si la pendiente de la recta en coordenadas logarítmicas:

$$\ln S = 0.354188 + 0.826 \ln E.$$

difiere significativamente de uno. El estadístico de contraste que obtenemos es  $z = -8.239$  ( $p < 0.01$ ) que nos lleva rechazar la hipótesis nula. Por tanto el exponente es significativamente distinto de uno.

Por otra parte, teniendo en cuenta la proximidad de los coeficientes de correlación lineales a la unidad, podemos aceptar la linealidad de los puntos a los que se han ajustado las respectivas funciones. Estos resultados nos permite apoyar nuestras hipótesis H.1, H.2, H.3 y H.4 ya que hemos podido aceptar la linealidad de las funciones ajustadas. Por tanto, podemos asumirlas como modelos descriptivos para describir la relación entre el estímulo y la sensación.

Las otras hipótesis formuladas nos conducen a estudiar si existen diferencias significativas entre los ajustes de las cuatro funciones, para lo cual comparamos, en plan descriptivo, las varianzas residuales producidas por cada

función sobre el mismo eje de coordenadas (E , S) cuyos resultados se indican en la tabla IV.8.

TABLA IV.8

VARIANZAS RESIDUALES GENERADAS POR CADA FUNCION SOBRE LOS PUNTOS (E,S).

	$S^2$
F. LINEAL	0.0131897
F. LOGARITMICA	0.0056051
F. POTENCIAL	0.0106434
F. P. GENERALIZADA	0.00548098

Asumiendo que las diferencias entre las varianzas de error implican diferencias entre los ajustes, la comparación, en plan descriptivo, de estas varianzas indican

que el mejor ajuste corresponde a la función potencial generalizada y la función logarítmica de Fechner. La función lineal produce una varianza residual que, aunque pequeña, es más del doble que la producida por la función logarítmica y la potencial generalizada, lo que indicaría un ajuste peor. Igualmente, la función potencial de Stevens genera una varianza residual menor que la función lineal, pero casi el doble que la producida por las funciones logarítmica y potencial generalizada. De estos resultados se deduce un mejor ajuste de la función potencial generalizada sobre la lineal y sobre la función de Stevens, contrariamente a como establecíamos en las hipótesis H10 y H7 respectivamente. También se produce un mejor ajuste de la función logarítmica sobre la función potencial de Stevens y la lineal, contrariamente a lo formulado en las hipótesis H6 y H8 respectivamente. Por su parte, no existen casi diferencias entre las varianzas residuales de la función lineal y potencial de Stevens, lo que indica una similitud entre sus ajustes que no nos permite apoyar la hipótesis H5. Tampoco se producen estas diferencias entre la función potencial generalizada y la función de Fechner como establecíamos en la hipótesis H9 que, a la luz de estos resultados, no podemos apoyar.

Llama la atención la disparidad que existe entre los exponentes de la función potencial de Stevens (0.826) y la

función potencial generalizada (0.1). Esta diferencia puede atribuirse a que las dos funciones tienen distinto número de parámetros, pero aun así y considerando que el exponente de la función potencial de Stevens es una medida de la sensibilidad, hemos podido comprobar que es significativamente menor de la unidad -que es el valor obtenido tradicionalmente en otros laboratorios para este continuo- por lo que no podemos apoyar la relación de proporcionalidad directa, al menos bajo estas condiciones experimentales.

#### 5.4.3. DISCUSION .-

---

Como en los experimentos anteriores, los resultados deben analizarse teniendo en cuenta las dos situaciones en las que se realizan los ajustes de las funciones psicofísicas. Cuando se ajustan a las medias geométricas individuales, las funciones obtenidas ofrecen un buen ajuste. En los análisis de la varianza también se refleja el que los ajustes obtenidos son suficientemente buenos, lo que nos permite considerar a estas funciones como modelos descriptivos y funciones psicofísicas, dejando abierta la posibilidad de que otro tipo de función curvilínea constituya también un modelo adecuado.

Por otra parte, todos los coeficientes de correlación han aumentado respecto a los obtenidos en el experimento anterior, aunque con un nivel de significación  $\alpha = 0.01$  - que es el que hemos venido utilizando en todos los experimentos- el aumento ha sido significativo únicamente para los valores de  $\log E$  y  $S$  a los que se ajusta la función de Fechner, indicando con ello un aumento significativo en la linealidad de los puntos y en consecuencia en el aumento del poder predictivo de la función logarítmica. En esta situación, la comparación descriptiva de los distintos índices de correlación, indican que, aunque la función de Stevens tiene el mayor componente lineal, las cuatro funciones ofrecen ajustes igualmente buenos.

El efecto de promediar los datos hace aumentar la correlación entre los puntos y que las funciones psicofísicas tengan un alto poder predictivo y descriptivo. Aunque las varianzas error de las cuatro funciones son muy pequeñas, se producen grandes diferencias entre ellas. Así las funciones lineal y potencial de Stevens producen una varianza residual doble que la generada por las funciones logarítmica y potencial generalizada. De esta comparación se deduce un mejor ajuste de estas que no se producía en la situación anterior cuando se promediaban los datos parcialmente.

El haber utilizado pocos estímulos con una amplitud menor a la de los primeros experimentos puede afectar a la linealidad de los puntos originando altos coeficientes de correlación. Sin embargo, el exponente de la función potencial de Stevens ha disminuído considerablemente de la unidad. Esto indicaría una disminución en la sensibilidad perceptual de los observadores, lo cual parece lógico teniendo en cuenta que se consideran tres estímulos en lugar de uno y con una tarea trifásica que conlleva más complejidad. Al repetir el experimento durante tres días se produce más cantidad de información y desde este punto de vista se puede considerar mas "ecológica".

Llama la atención, las diferencias que se encuentran entre los exponentes de la función potencial generalizada en comparación con la función de Stevens y con las obtenidas en los experimentos anteriores. Mientras que en los primeros tres experimentos, el exponente de la función potencial generalizada varía entre 0.91 y 1.07 en éste disminuye considerablemente hasta alcanzar un valor tan pequeño como 0.1. Sin embargo, esta función es la que produce menor varianza residual ajustándose mejor a los datos. La gran diferencia que existe entre estos dos grupos de experimentos es que mientras que en los primeros el estímulo estándar se presenta primero y el estímulo comparativo después, en el cuarto la presentación de ambos estímulos es simultánea.

Esto podía estar relacionado con el argumento de Ono (1967) que sugiere dos procesos perceptuales diferentes cuando la presentación de los estímulos es simultánea y no simultánea. Cuando la presentación es no simultánea, el observador tiene que codificar la longitud de uno de los estímulos y compararlo con la percepción del otro estímulo. Es decir, la longitud de la línea constituye la información crítica para la discriminación. Cuando la percepción es simultánea, la información crítica para la discriminación es el desplazamiento angular correspondiente a la diferencia en la longitud de la línea en los extremos de los estímulos.

Por otra parte, la estimación de la magnitud con la técnica triangular no sólo implica presentación simultánea sino que además conlleva más ruido sensorial que la estimación de magnitudes, afectando a la sensibilidad de los observadores que, en este caso, sí se manifiesta en la disminución de los exponentes de las dos funciones potenciales.

C A P I T U L O - V I .

DISCUSION GENERAL Y

CONCLUSIONES.

## 6.1- DISCUSION GENERAL

=====

Comenzaremos esta discusión repasando nuestros propósitos, la justificación de la elección de nuestra modalidad particular y las dos situaciones experimentales escogidas. Posteriormente discutiremos algunas conclusiones parciales.

El propósito de este trabajo ha sido estudiar y comparar los ajustes de distintas funciones psicofísicas. Nos ha movido a ello, tanto las críticas dirigidas a su no existencia (Myers, 1982; Weiss, 1981), como el hecho de que no exista una opción clara entre los que defienden su existencia. Así, algunos autores defienden la función logarítmica y otros la potencial, mientras que otras posturas no encuentran diferencias significativas entre ambas (Garriga, 1985).

Como continuo subjetivo hemos elegido la estimación de longitudes de segmentos, que como señalan Stevens y Guirao (1963), no constituyen juicios inservibles, sino que permiten descubrir hechos que son más difíciles de detectar con continuos más complejos. Concretamente, Teghtsoonian

(1965) señala que la precisión con que los sujetos estiman el área de figuras cuadradas, depende de su habilidad para estimar longitudes y desde una óptica más general, Zwisllocki (1983) plantea que el escalamiento de longitudes de líneas es la mejor técnica posible para descubrir la relación entre la respuesta manifiesta y la sensación y nos permite conocer, dada la simplicidad y familiaridad que conlleva la tarea, si los sujetos asignan a la sensación números precisos. Además, la estimación de longitudes subyace en la elaboración de mapas cognitivos, pues implica un cálculo de distancias.

El ajuste de las funciones a los datos lo hemos realizado distinguiendo dos situaciones, esto es, cuando los datos se promedian parcialmente con las medias geométricas de cada individuo, y cuando se promedian globalmente con la media geométrica del grupo. Así, con las medias geométricas individuales, hemos podido aplicar un análisis de varianza para medir la bondad del ajuste, como técnica alternativa al coeficiente de determinación (Anderson y Shanteau, 1977; Weiss, 1981).

Con estos planteamientos y teniendo en cuenta los resultados de nuestros cuatro experimentos, podemos concluir que los datos promediados parcialmente se ajustan a los

cuatro tipos de funciones: lineal, logarítmica, potencial y potencial generalizada. Puesto que el ANOVA ha puesto de manifiesto que las desviaciones de los datos a cada uno de los cuatro modelos han sido significativas. esto indica que existen otras opciones de funciones no lineales que pueden ajustarse igualmente a los datos. Una posible explicación a este hecho reside en que la relación entre el estímulo, E, y la sensación, S, es creciente y las funciones consideradas también lo son, por lo que parece lógico que tanto estas como otras funciones puedan ajustarse igualmente a los datos, siempre que éstas sean monótonas crecientes. Estos resultados, por otra parte, confirman los estudios sobre estimación de longitudes de segmentos, que obtienen funciones potenciales (Mashhour y Hosman, 1967; Stevens y Guirao, 1963), funciones lineales (Cadwalader, 1973) o funciones de proporcionalidad directa (Gescheider, 1975; Zwillocki, 1983). Es decir, hemos encontrado evidencia experimental para apoyar los estudios individuales de cada uno de estos investigadores. Además añadimos a la colección de ajustes la función logarítmica y la función potencial generalizada. Así teniendo una nube de puntos (E,S) podemos predecir resultados usando cuatro tipos distintos de funciones, lo que resulta algo sorprendente. Resultados semejantes, pero sólo con Fechner y Stevens, fueron obtenidos por Garriga (1985) y con Stevens y la función lineal por Fontes (1988). Con todo, a pesar de que las cuatro funciones se ajustan a los datos, no se ajustan

igualmente bien dependiendo de las condiciones experimentales.

A partir de los datos del ANOVA podemos obtener dos índices, que miden: la magnitud de la relación debida a la función, y que hemos representado por  $r^2(*)$ , y la magnitud de las desviaciones de los datos, representada por  $n^2$ . Considerando a estos índices como medidas de ajuste, un análisis descriptivo de los mismos nos ha permitido detectar que, en el experimento primero, el mejor ajuste lineal corresponde a la función de Stevens, que ofrece menor magnitud de las desviaciones y simultáneamente mayor intensidad de relación "estrictamente" lineal debida a la función. El peor ajuste lo ofrece la función logarítmica de Fechner, cuya magnitud de las desviaciones es casi tan alta como la relación "estrictamente" lineal debida a la función. Por su parte, las funciones lineal y potencial generalizada se comportan, en cuanto al ajuste, de forma idéntica. Sus respectivos coeficientes de determinación,  $r^2$ , magnitud de relación "estrictamente" lineal,  $r^2(*)$ , y magnitud de las desviaciones,  $n^2$ , toman valores prácticamente idénticos.

En el experimento segundo, cuando disminuimos el ruido sensorial, el mejor ajuste a los datos promediados parcialmente lo vuelve a proporcionar la función potencial

de Stevens seguido de la función potencial generalizada. La función logarítmica de Fechner sigue mostrando el peor ajuste. Así, aun explicando más del 81% de la varianza total, tiene un alto componente de relación no lineal,  $n^2$ , que es ligeramente inferior a la magnitud de la relación "estrictamente" lineal debida a la función,  $r^2(*)$ . Por su parte, las funciones lineal y potencial generalizada ofrecen unos coeficientes de determinación,  $r^2$ , prácticamente idénticos como ocurría en el experimento primero; comparando estos índices llegaríamos a la conclusión de que se ajustan igual de bien. Sin embargo, es en este experimento donde la aplicación del ANOVA se muestra especialmente útil, permitiendo descubrir que la función potencial generalizada tiene menores desviaciones a la linealidad,  $n^2$ , y simultáneamente mayor intensidad de relación "estrictamente" lineal,  $r^2(*)$ , que la función lineal y en consecuencia un mejor ajuste. Así, podemos concluir que la disminución del ruido sensorial favorece el ajuste de las dos funciones potenciales en detrimento de la función de Fechner, y la función lineal que son las que peor se ajustan en estas condiciones.

En el experimento tercero cambiamos los estímulos, que tendrán valores mas próximos, y utilizamos un sistema de comparaciones múltiples, en el cual, se utilizan todos los estímulos como estándar. Bajo esta condición, sólo el

coeficiente de determinación,  $r^2$ , de los puntos  $(\log E, S)$  a los que se ajusta la función de Fechner ha aumentado significativamente respecto al obtenido en el experimento segundo, alcanzando un valor muy próximo a los de las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada. En esta situación no se observan, en plan descriptivo, grandes diferencias entre los coeficientes  $n^2$  y  $r^2(*)$  de cada función, por lo que podemos concluir que, cuando se aplica un patrón de comparación múltiple, todos los ajustes son igualmente buenos. A la misma conclusión, y comparando la magnitud de la relación "estrictamente" lineal,  $r^2(*)$ , llegamos en el experimento cuarto, en el que con los mismos estímulos cambiamos de técnica psicofísica y utilizamos la triangular extendida.

Resumiendo, cuando intentamos determinar cuál es el mejor ajuste utilizando las medias geométricas individuales encontramos que en los experimentos tradicionales (1º y 2º) Stevens es mejor que Fechner pero cuando complicamos la situación experimental (3º y 4º) todos los ajustes son igualmente buenos, tanto acudiendo a los coeficientes de determinación como usando las dos vertientes del ANOVA ( $r^2(*)$  y  $n^2$ )

Estas conclusiones no son las mismas cuando se trata de comparar los ajustes de las funciones a los datos promediados globalmente. En esta situación, y como medida de ajuste alternativa al coeficiente de determinación, calculamos la varianza de las desviaciones de cada función sobre los mismos puntos (E, S). Así, en el experimento primero casi no existen diferencias entre las varianzas de las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada, lo que indica un ajuste igual de bueno de estas tres funciones. La función logarítmica de Fechner es la que produce una varianza de error mucho mayor y en consecuencia un peor ajuste sobre los puntos (E, S).

En el experimento segundo, cuando disminuimos el ruido sensorial, el peor ajuste lo sigue ofreciendo la función de Fechner. No parece que la varianza de las desviaciones de los datos (E, S) a las funciones lineal, potencial de Stevens y potencial generalizada, reflejen diferencias entre los ajustes. A pesar de ello, la función lineal es la que ofrece una varianza ligeramente mayor y en consecuencia un peor ajuste, contrariamente a como ocurría cuando se ajustaba a los datos promediados parcialmente. Además hemos podido demostrar que, contrariamente a lo que cabía esperar, la disminución del ruido sensorial ha hecho disminuir el exponente de la función de Stevens de la unidad. Estos resultados pueden añadir evidencia experimental a los

estudios que rechazan el exponente de la función de Stevens como medida de la sensibilidad (Garriga, 1985) o simplemente revelan una situación más real (los estudios que afirmaban que el exponente era uno poseían demasiado ruido y lo obtenido ahora es lo realmente válido).

En el experimento tercero, se mantiene la igualdad entre los ajustes de las funciones lineal, potencial de Stevens (con exponente significativamente menor de la unidad) y potencial generalizada. La función logarítmica de Fechner, aunque aumenta significativamente su capacidad predictiva, medida por  $r^2$ , respecto al experimento segundo, proporciona una varianza de error mayor que las anteriores mostrando, por tanto, peor ajuste. Estas diferencias no se detectaban cuando se ajustaban las funciones a los datos promediados parcialmente.

Finalmente, en el experimento cuarto, en el que cambiamos de técnica psicofísica para medir la sensación evocada por los mismos estímulos utilizados en el experimento tercero, el peor ajuste lo ofrece la función lineal seguida por la función de Stevens. La función logarítmica de Fechner, junto con la función potencial generalizada -cuyo exponente disminuye considerablemente hasta 0.1- son las que mejor se ajustan. Estas diferencias

tampoco aparecían cuando se ajustaban a los datos promediados parcialmente pero no conviene considerarlas aquí ya que las diferencias entre los cuatro ajustes son mínimas (Menores de 0.002).

Resumiendo esta parte encontramos que el mejor ajuste está repartido entre la función lineal, potencial y potencial generalizada en los tres experimentos primeros aun utilizando dos índices de medición complementarios (el coeficiente de determinación y la varianza residual). La función de Fechner da el peor ajuste en estos casos. Resultados semejantes, sobre las partes correspondientes, aparecen en los trabajos de Garriga (1985, 1987b) y Fontes (1988). La igualdad de los cuatro ajustes en el cuarto experimento es semejante a la obtenida con las medias geométricas individuales. Estos resultados difieren de los obtenidos por Garriga (1985) y Fontes (1988). Tal vez la explicación esté en la dificultad de percibir la longitud de tres segmentos en posición vertical presentados simultáneamente.

Por todo ello, considerando de forma general estos resultados obtenidos en los cuatro experimentos, llegamos a las siguientes conclusiones.

## 6.2.- CONCLUSIONES

=====

1.- Con los datos promediados parcialmente, la relación entre el estímulo y la sensación puede ser descrita por una función lineal, logarítmica, potencial o potencial generalizada. A esta conclusión se llega indistintamente estudiando la significación del coeficiente de determinación como aplicando un análisis de varianza. Esto nos resulta, en cierta forma, sorprendente pues pensamos que intentando otras  $n$  funciones crecientes obtendríamos resultados semejantes. De ser esto cierto se perdería la utilidad de obtener un modelo matemático predictivo único.

2.- La aplicación del ANOVA ha puesto de manifiesto que las desviaciones de los datos a cada una de las funciones son significativas, por lo que es posible encontrar otros tipos de funciones no lineales que se ajusten igualmente a los datos lo que apoya las ecuaciones anteriores y confirma nuestro desconcierto manifestado también por Parducci en el congreso de Psicofísica de Leipzig en 1982. La existencia de dos funciones psicofísicas parecía ser mucho. Ahora hemos encontrado cuatro.

3.- La aplicación del ANOVA permite detectar diferencias entre los ajustes que no se observaban comparando los coeficientes de determinación. En este sentido, defendemos con Weiss (1981), la aplicación del ANOVA como medida de la bondad del ajuste sobre el coeficiente de determinación.

4.- El promediar globalmente los datos incrementa la linealidad de los puntos que también se ajustan a las funciones lineal, logarítmica, potencial y potencial generalizada postulando las mismas dificultades que con las medias parciales.

5.- El promediar globalmente nubla los efectos reales de los datos, pudiendo cambiar la jerarquía entre la bondad de los ajustes de estas funciones.

6.- La disminución del ruido sensorial, favorece el ajuste de las dos funciones potenciales y hace disminuir significativamente al exponente de la función de Stevens de la unidad. Esto añade evidencia al rechazo del exponente como medida de la sensibilidad y a la no aceptación del coeficiente unitario para la estimación de la longitud de segmentos.

7.- La aplicación de un patrón de comparación múltiple favorece el ajuste de la función logarítmica. Tal vez el uso simultáneo de segmentos verticales en la estimación de longitudes introduce mucho ruido haciendo la curva más "aplastada" (por debajo además de  $S=E$ ) y favoreciendo así la curva logarítmica de Fechner. Además la técnica triangular extendida no es propiamente una técnica "Steveniana".

8.- En todos los experimentos (menos en el 4º) y con los datos promediados globalmente, se han detectado diferencias entre los ajustes de las funciones de Fechner y Stevens aunque se cambien ciertas condiciones experimentales. En general cuando se aplica la estimación de magnitudes, el ajuste favorece a la función de Stevens. Estas diferencias disminuyen en función de las condiciones experimentales. Con los mismos estímulos, el cambio de técnica psicofísica (triangular extendida) favorece el ajuste de la función de Fechner sobre la de Stevens, pero esta preferencia es numéricamente casi nula, por lo que preferimos decir que no existen diferencias de ajustes en este caso.

9.- El tema de la búsqueda de ajustes a una nube de puntos de la forma  $(E,S)$  queda abierta para  $n > 4$ , siendo  $n$  el número de ajustes intentados.

10.- El tema del mejor ajuste utilizando como criterio de decisión el valor máximo de  $r^2$  o del  $r^2(*)$  obtenido del ANOVA arroja resultados equivalentes. Parecen ser dos caras de una misma moneda.

Por todo ello, proponemos para futuras investigaciones utilizar otras técnicas de ajuste distintas de la mínimo cuadrática. Incluir en estas funciones parámetros que estén relacionados con variables psicofísicas, como los umbrales. Utilizar situaciones experimentales y estímulos más "ecológicos", y de mayor rango. Evitar el promedio total de los datos muestrales, que ensombrece la tendencia real de los datos. Pensamos que con estas consideraciones, entre otras más posibles, se abre otra vía de estudio de las funciones psicofísicas que puede favorecer la búsqueda de un modelo matemático único.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. -

---

- AMON, J.: (1980) "Estadística para psicólogos" V.II Probabilidad y Estadística Inferencial. Madrid. Pirámide.
- ANDERSON, N.H.: (1974) "Cross-task validation of functional measurement using judgments of total magnitude". Journal of experimental psychology. 102, 226-233.
- ANDERSON, N.H. & SHANTEAU, J.: (1977) "Weak inference with linear models". Psychological Bulletin. 84, 6, 1155 - 1170.
- ATKINSON, W.H.: (1982) "A general equation for sensory magnitude". Perception and psychophysics. 31, 1, 26-40.
- ATTNEAVE, F.: (1964) "Perception and related areas" In S.Koch (Ed): Psychology: A study of a Science. (V.4) New York: McGraw Hill.
- BACHMANN, T.: (1977) "Contemporary psychophysics, the phenomenology of the experiment, and the processing of visual information". Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised: Trudy po Psikhologii. 429. 11-33.
- BAIRD, J.C.: (1970) "Psychophysical analysis of visual space". New York : Pergamon.

BAIRD, J.C.: (1979) "Studies of the cognitive representation of spatial relations: I. Overview". Journal of experimental psychology: General. 108 1, 90-91.

BAIRD, J.C. & BIERSDORF, H.R.: (1967) "Quantitative functions for size and distance judgments". Perception and psychophysics, 2. 161-167.

BAIRD, J.C. GREEN, D.M. & LUCE, D.: (1980) "Variability and sequential effects in crossmodality matching of area and loudness". J. of Experimental psychology: Human perception and performance. 6. 227-289.

BAIRD, J.C. MERRILL, A.A. & TANNENBAUM, J.: (1979) "Studies of the cognitive representation of spatial relations: II. A familiar environment". Journal of experimental psychology: General. 108, 1. 92-98.

BAIRD, J.C. & NOMA, E.: (1975) "Psychophysical study of numbers: I Generation of numerical responses". Psychological Research, 37, 281-297.

BAIRD, J.C. & NOMA, E.: (1978) "Fundamentals of scaling and psychophysics". New York : John Wiley.

BAIRD, J.C. & STEIN, T.: (1970) "When power functions fail; A theoretical explanation". Perceptual and motor skills. 30, 415-525.

BARDIN, K.W; MIKHALEVSKAYA, M.B & SKOTNIKOVA, Y.G: (1982) "The psychophysical indices obtained by the method of average error and their psychological nature". En H.G.GEISSLER & P.PETZOLD (Ed): Psychophysical judgments and the process of perception. Amsterdam: North Holland.

BARTOSHUK, I.M.: (1968) " Water taste in man". Perception and psychophysics. 3. 69-72.

BECK, J. & SHAW, W.A.: (1961) "The scaling of pitch by the method of magnitude estimation". American Journal of psychology. 74. 242-251.

BECK, J. & SHAW, W.A.: (1965) "Magnitude of the standard, numerical value of the standard, and stimulus spacing in the estimation of loudness". Perceptual and motor skills. 21. 151-156.

BERNOULLI, D: (1738) "Exposition of a new theory of the measurement of risk" (originalmente publicado en latin en 1738). Traducido en Econometrica. 1954, 22, 23-35.

BERNYER, G.: (1962) " Etude sur la validité d'une échelle de sensation d'effort musculaire". Année Psychologique. 62. 1-15.

BIRNBAUM, M.H.: (1973) "The devil rides again: Correlation as an index of fit". Psychological Bulletin. 79. 239-242.

BOGART, R.S.: (1979) "Line ratio judgments yield subjective lengths proportional to physical lengths: Reanalysis of Engen's data". Perception and psychophysics. 26, 3. 247-249.

BONNEL, A.M. & NOIZET, G.: (1979) " Application of signal detection theory to perception of differences in line length". Jan 43, 1. 1-21.

BRADLEY, R.A. & HARMONT, T.: (1964) "The modified triangle test". Biometrics. 20. 608-625.

BRADLEY, D.R. & VIDG, D.: (1984) "Psychophysical functions for perceived and remembered distance". Perception. 13. 315-320.

BRENTANO, F.: (1874) "Psychologie vom empirischen standpunkte". Leipzig: Duncker y Humblot.

BRUVOLD, W.H & GAFFEY, N.R: (1965) "Subjective intensity of mineral taste in water". Journal of experimental psychology. 69, 369-374

BRODIE, E.E.: (1985) "The measurement of differential thresholds for lifted weights by microcomputer - controlled apparatus. Perception. 14. 371-376.

BUCKINGHAM, T. & WHITTAKER, D.: (1985) "The influence of luminance on displacement thresholds for continuous oscillatory movement". Vision research. 25, 11. 1675-1677.

BURNHAM, D.K.: (1983) "Apparent relative size in the judgment of apparent distance". Perception. 12. 683-700.

CADWALLADER, M.: (1973) " A methodological examination of cognitive distance". In Preiser N.F. (Ed): Environmental design research. Stroudsburg, P.A.: Dowden, Hutchinson and Ross.

CADWALLADER, M.: (1979) "Problems in cognitive distance: Implications for cognitive mapping". Environment and behavior. 11. 4. 559-576

CARRASCO. J.L: (1986) "El método estadístico en la investigación médica". Madrid: Editorial Ciencia 3.

CAVANAGH, P. & ANSTIS, S.M.: (1980) "Visual psychophysics on the APPLE II: Getting started". Behavior research methods and instrumentation. 12, 6. 614-626.

COELLO.M.T: (1988) "Children's uses of psychophysical scaling: group responses and individual differences". Social science methodology. International conference. Dubrovnik. 30 Mayo-3 Junio.

COHEN, J. & LITTLE, N.: (1971) "Neural model for Stevens' power law". Perception and psychophysics. 10. 269-270.

COLEMAN, B.J. ; GRAF, R.G. & ALF, E.F.: (1981) "Assessing power function relationships in magnitude estimation". Perception and psychophysics. 29, 2. 178-180.

COLTHEART, M.: (1969) " Effects of two kinds of distance information on visual judgment of absolute size". Nature. 221-388.

COMREY.A.L: (1950) "A proposed method for absolute ratio scaling". Psychometrika, 15. 317-325.

COOK, M.: (1978) "The judgment of distance on a plane surface". Perception and psychophysics. 23, 1. 85-90.

CORSO, J.F.: (1963) " A theoretico-historical review of the threshold concept". Psychological bulletin. 60, 4. 356-370.

CRAMER, G.: (1728) "Letter to Nicholas Bernoulli". Quoted in note appended to Bernoulli. 1738

CROSS, D.V. & ROTKING, L.: (1975) "The relation between size and apparent heaviness". Perception and psychophysics. 18, 2. 79-87.

DA SILVA, J.A.: (1985) " Scales for perceived egocentric distance in a large open field: Comparison of three psychophysical methods". American Journal of psychology. 98. 119-144.

DA SILVA, J.A. & DA SILVA, C.B.: (1983) "Scaling apparent distance in a large open field: some new data". Perceptual and motor skills. 56. 135-138.

DA SILVA, J.A. & DOS SANTOS, R.A.: (1984) "The effects of instructions on scales for perceived egocentric distance in a large open field". Bulletin of the psychonomic society. 22, 3. 189-192.

DA SILVA, J.A. & FUKUSIMA, S.S.: (1986) "Stability of individual psychophysical functions for perceived distance in

natural indoor and outdoor settings". Perceptual and motor skills. 63. 891-902.

DAWES, R.M & CORRIGAN, B: (1974) "Linear models in decision making". Psychological bulletin. 81, 95-106.

DAWSON, W.E. & MILLER, M.E.: (1978) "Inverse attribute functions and the proposed modifications of the power law". Perception and psychophysics. 24, 5. 457-465.

DE CASTRO, C.: (1982) "La medición en psicología: perspectiva psicofísica". Revista de psicología general y aplicada. 37, 4. 647-673.

DIENER, D. & SMEE, W.F.: (1984) "Apple tachistoscope". Behavior research methods, instruments and computers. 16, 6. 540-544.

DIXON, W.J. & MASSEY, F.J.: (1965) "Introducción al análisis estadístico". Madrid: Ed. del Castillo.

DUNN, O.J: (1961) "Multiple comparison among mean". Journal American statistics. 56, 54-64

EBENHOLTZ, S.M. & WOLFSON, D.M.: (1975) " Percepual after-effects of sustained convergence". Perception and psychophysics. 17, 5. 485-491.

EISLER, H.: (1963) "Magnitude scales, category scales and Fechnerian integration". Psychological review. 70. 243-253.

EISLER, H.: (1963) " A general differential equation in psychophysics: Derivation and empirical test". Scandinavian Journal of Psychology. 4. 265-272.

EISLER, H.: (1965) "On psychophysics in general and the general psychophysical differential equation in particular". Scandinavian Journal of Psychology. 6. 85-102.

EISLER, H.: (1975) "Subjective duration and psychophysics". Psychological review. 82, 6. 429-450.

EISLER, H. ; HULM, S. & MONTGOMERY, H.: (1979) "The general psychophysical differential equation: A comparison of three specifications". Journal of Mathematical psychology. 20. N.1.

EKMAN, G.: (1956) " A note on generalized psychophysical laws". Rep. Psychology Lab. Univers. Stockholm. nº 32.

EKMAN, G.: (1959) " Weber's law and related functions". Journal of psychology. 47. 343-352.

EKMAN, G.: (1961) "Methodological note on scales of gustatory intensity". Scandinavian Journal of psychology. 2. 185-190.

EKMAN, G.: (1964) " Is the power law a special case of Fechner's law?". Perceptual and motor skills. 19. 730.

EKMAN, G. ; HOSMAN, B. ; LINDMAN, R. & LJUNGBERG, L. & AKESSON, C.A.: (1968) "Inter-individual differences in scaling performance". Perceptual and motor skills. 26. 815-823.

EKMAN, G. & GUSTAFFSON V.: (1968) "Threshold values and the psychophysical function in brightness vision". Vision research. 8. 747-758.

ENGEN, T. & LEVY, N.: (1955) "The influence of standards on psychophysical judgments". Perceptual and motor skills. 5. 193-197.

ENGEN, T. & LIDSDSTRON, C.O.: (1963) "Psychophysical scales of the odor intensity of amyl acetate". Scandinavian Journal of psychology. 4. 23-28.

ENGEN, T. & ROSS, B.M. (1966) " Effect of reference number on magnitude estimation". Perception and psychophysics. 1. 74-76.

ENGELAND, N. & DAVSON, W.E.: (1974) "Individual differences in power function for 1-week intersession interval". Perception and psychophysics. 15. 349-352.

EPSTEIN, N.: (1978) "Two factors in the perception of velocity at a distance". Perception and psychophysics. 24, 2. 105-114.

EPSTEIN, N. & BROOTA, K.: (1975) "Attitude of judgment and reaction time in estimation of size at a distance". Perception and psychophysics. 18, 3, 201-204.

EVANS, G.; MARRERO, D.G. & BUTLER, P.A.: (1981) "Environmental learning and cognitive mapping" Environment and behavior. 13, 1. 83-104.

EYMAN, R.K. & KIM, P.J.: (1970) "A model for partitioning judgment error in psychophysics". Psychological Bulletin. 74. 35-46.

FAGOT, R.F.: (1963) "On the psychophysical law and estimation procedures in psychophysical scaling". Psychometrika. 28. 145-160.

FAGOT, R.F.: (1966) "Alternative power laws for ratio scaling". Psychometrika. 31. 201-214.

FAGOT, R.F.: (1979) "Nested models of relative judgment: Applications to a similarity averaging model". Perception and psychophysics. 26, 4. 255-264.

FAGOT, R.F. & STEWART, M.R.: (1968) "An experimental comparison of stimulus and response translated power functions for brightness". Perception and psychophysics. 3. 297-305.

FALMAGNE, J.C.: (1971) "The generalized Fechner problem and discrimination". Journal of mathematical psychology. 8. 1. 22-43.

FALMAGNE, J.C.: (1977) "Weber's inequality and Fechner's problem". Journal of mathematical psychology. 16. 267-271.

FALMAGNE, J.C.: (1982) "Psychometric functions theory". Journal of mathematical psychology. 25. 1-49.

FALMAGNE, J.C.: (1985) "Elements of psychophysical theory". New York: Oxford University press.

FECHNER, G.T.: (1860) "Elemente der Psychophysik". Leipzig: Breitkopf. Haertel.

FENKER, R.M.: (1971) "New dimensions in psychophysics: A sure cure for methodological dyspepsia". U.S. Army-Human-

Engineering-laboratories. Technical memorandum. Dec. nº 25.  
71. 55-88.

FERNANDEZ TRESPALACIOS, J.L.: (1985) "Psicología General I".  
Madrid: U.N.E.D.

FITTS, P.M.: (1947) "Psychological research on equipment  
design". Army air forces aviation psychology program  
research report nº 19. Washington D.C. Government Printing  
office.

FITZPATRICK, V. ; PASNAK, R. & TYER, Z.: (1982) "The effect  
of familiar size at familiar distances". Perception. II. 85-  
91.

FOLEY, J.M.: (1985) "Binocular distance perception: Egocen-  
tric distance tasks". Journal of experimental psychology.  
II, 2. 133-149.

FONTES, S: (1988) "Psicofísica de la estimación de distancias  
entre dos rectas verticales y paralelas". Tesis doctoral.  
U.N.E.D.

FRIJTERS, J.E.R.: (1979) "Models for the triangular methods.  
Variations of the triangular method and the relationship of  
its unidimensional probabilistic models to three-alternative

forced-choice signal detection theory models". British J. of Mathematical and Statistical psychology. 32. 229-241.

GALANTER, E.: (1962) "Contemporary psychophysics". In. New directions in psychology. New York: Rinehart and Winston.

GARNER, W.R.: (1954) "Context effects and the validity of loudness scales". Journal of Experimental psychology. 48. 218-224.

GARRIGA, A.J.: (1985) "Función psicofísica y medida de la sensibilidd olfativa". Tesis doctoral. U.A.M.

GARRIGA, A.J.: (1985) "Desarrollo histórico de la psicofísica". Informes de Psicología. U.C.M. 3-8.

GARRIGA A.J: (1987). Olfactory Psychophysics: Sensitivity Measures. Amsterdam: North Holland

GARRIGA, A.J. (1987b). Fechner or Stevens: an empirical approach. New York: APA. Congress.

GESCHEIDER, G.A.: (1985) "Psychophysics: Method, theory and application". New Jersey: Lawrence Erlbaum associates publishers. Hillsdale.

GESCHEIDER, G. A.: (1988) "Psychophysical scaling". Annual review of psychology. 39, 169-200.

GIBSON, J. J.: (1959) " Perception as a function of stimulation". En S. Koch (Ed): Psychology: A study of a Science. (V. I) New York: McGraw Hill.

GIBSON, R. H. & TOMKO, D. L.: (1972) "The relation between category and magnitude estimates of tactile intensity". Perception and psychophysics. 12. 135-138.

GOGEL, W. C.: (1968) "The effect of set on perceived egocentric distance". Acta psychologica. 28. 283-292

GOGEL, W. C.: (1976) "An indirect method of measuring perceived distance from familiar size". Perception and psychophysics. 20, 6. 419-429

GOGEL, W. C.: (1977) "An indirect measure of perceived distance from ocular cues". Perception and psychophysics. 21, 1. 3-11.

GOGEL, W. C.: (1977b) "The metric of visual space". En Epstein, W. (Ed): Stability and constancy in visual perception: Mechanism and process. New York: Wiley. 129-181.

GOGEL, W.C. & DA SILVA, J.A.: (1987) "A two-process theory of the response to size and distance". Perception and psychophysics. 41, 3. 220-238.

GOGEL, W.C. ; LOOMIS, J.U. ; NEWMAN, N.J. & SHARKEY, T.J.: (1985) "Agreement between indirect measures of perceived distance". Perception and psychophysics. 37, 1. 17-27.

GOGEL, W.C. & MERTENS, H.W.: (1967) "Perceived size and distance of familiar objects". Perceptual and motor skills. 25. 213-225.

GOGEL, W.C. & TIETZ, J.D.: (1973) "Absolute motion parallel and the specific distance tendency". Perception and psychophysics. 13, 2. 284-292.

GONELLA, L.: (1979) "Problems in theory of measurement today". Acta Imeko.

GOOD, I.J.: (1972) "Correlation for power functions". Biometrics. 28. 1127-1129.

GRACELY, R.H: (1985) "Pain psychophysics". Advances in behavioral medicine. 1, 199-231.

GRAHAM, C.H.: (1950) "Behavior, perception and the psychophysical methods". Psychological review. 57, 2. 108-120.

GRAHAM, C.W. & RATOOSH, P.: (1962) "Notes on some interrelations of sensory psychology, perception and behavior". In S. Koch (Ed); Psychology. A study of a Science. V.4. New York: McGraw. Hill.

GREEN, D.M. & SWETS, J.A: (1966) "Signal detection theory and psychophysics". New York: Wiley.

GUILDFORD, J.P.: (1932) "A generalized psychophysical law". Psychological review. 39. 73-85.

GUILFORD, J.P.: (1954) "Psychometric methods". New York: McGraw-Hill.

HATFIELD, G. & EPSTEIN, W.: (1985) "The status of the minimum principle in the theoretical analysis of visual perception". Psychological Bulletin. 97, 2. 155-186.

HAYS: (1973,1988) Statistics. New York: Holt, Rinehart Winston.

HELLMAN, R.P.: (1981) "Stability of individual loudness functions obtained by magnitude estimation and production". Perception and psychophysics. 29. 63-70.

HELLMAN, R.P. & ZWISLOCKI, J.J.: (1961) "Some factors affecting the estimation of loudness". Journal of the Acoustical Society of America. 33. 687-694.

HELSON, H.: (1959): "Adaptation level theory". In S. Koch (Ed): Psychology: A study of a science. V. I. New York: McGraw-Hill.

HIGASHIYAMA, A.: (1977) "Perceived size and distance as a perceptual conflict between two processing modes". Perception and psychophysics. 22, 2. 206-211.

HIGASHIYAMA, A.: (1979) "The perception of size and distance under monocularr observation". Perception and psychophysics. 26, 3. 230-234.

HIGASHIYAMA, A.: (1984) "The effects of familiar size on judgments of size and distance: An interaction of viewing attitude with spatial cues". Perception and psychophysics. 35, 4. 305-312.

HOOD, D.C. & FINKELSTEIN, M.A.: (1979) "A comparison of changes in sensibility and sensation: Implications for the response-intensity function of the human photopic system". Journal of experimenal psychology: Human perception and perfomance. 5, 3. 391-405.

HOVLAND, C.I.: (1938) "A note on Guildford's generalized psychophysical law". Psychological review. 45. 430-434.

HUANG, Y.L. & JONES, B.: (1982) "On interdependence of temporal and spatial judgments". Perception and psychophysics. 32, 1. 7-14.

INDOW, T.: (1978) "Scaling of saturation and line in the nonspectral region". Perception and psychophysics. 24, 1. 11-20.

INDOW, T. & WATANABE, T.: (1984) "Parallel and distance alleys with moving points in the horizontal planes". Perception and psychophysics. 35, 2. 144-154.

IRWIN, R.J. & GORBALLIS, M.C.: (1968) "On the general form of Stevens' law for loudness and softness". Perception and psychophysics. 3. 137-143.

JANEZ, L.: (1979) "Psicofísica: ¿Media aritmética o media geométrica?". Informes del Dpto. de Psicología General. U.C.M. 2/3. 63-66.

JONES, F.N.: (1 ) "History of psychophysics and judgement". Handbook of perception. II. cap. 1.

JONES, F.N. & MARCUS, M.J.: (1961) "The subject effect in judgments of subjective magnitude". Journal of Experimental Psychology. 61. 40-44.

KAESS, D.W.: (1 ) "Instructions and decision times of size-constancy responses". Perception and psychophysics. 27, 5. 447-482.

KAPPAUF, N.: (1975) "Regression effect in judgments to determine equal response contours". Perception and psychophysics. 17, 4. 405-410.

KOCH, S.: (1962) "Psychology: A study of a science". New York: McGraw-Hill.

KRAFT, C.L. & ANDERSON, C.D.: (1981) "Psychophysical criteria for visual simulations systems: Phase II: Experimental investigations for display joints and scene inserts". Catalog of selected documents in Psychology. Nov V. 11. 77.

KRAFT, C.L. ; ANDERSON, C.D. & ELWORTH, C.L.: (1980) "Psychophysical criteria for visual simulation systems". USAFHRL Technical report. May Nº 79-80.

KRUGER, J.G.: (1743) "Naturlehre". Halle-Magdeburg: Hemmerde

KULIKONSKI, J.J. & GOREA, A.: (1978) "Complete adaptation to patterned stimuli: A necessary and sufficient condition for Weber's law for contrast". Vision research. 18, 9. 1223-1227.

LEVIN, I.P.: (1978) "The need for process research on psychophysical judgment: Comments "on ratio and subtractive process in psychophysical judgment" by Veit". Journal of Experimental psychology: General. 107. 1. 108-111.

LEVINE, N.P. & ROSINSKI, R.R.: (1976) "Distance perception under binocular and monocular viewing conditions". Perception and psychophysics. 19, 5. 460-465.

LIEBERMAN, H.R.: (1983) "Computation of psychophysical thresholds using the probit technique". Behavior research: Methods and instrumentations. 15, 4. 446-448.

LOGUE, A.W.: (1976) "Individual differences in magnitude estimation of loudness". Perception and psychophysics. 19, 3. 279-280.

LUCE, R.D.: (1959) "Individual choice behavior". New York: Wiley.

LUCE, R.D. & EDWARDS, M.: (1958) "The derivation of subjective scales from just noticeable differences". Psychological review. 65. 4. 222-237.

LUMSDEN, E.A.: (1983) "Perception of radial distance as a function of magnification and truncation of depicted spatial layout". Perception and psychophysics. 33, 2. 177-182.

MACK, A. & HERMAN, E.: (1972) "A new illusion: The underestimation of distance during pursuit eye movements". Perception and psychophysics. 12, 6. 471-473.

MACKAY, D.M.: (1963) "Psychophysics of perceived intensity: A theoretical basis for Fechner's and Stevens' laws". Science. 139. 1213-1216.

MACMILLAN, N.E. & KAPLAN, H.L.: (1985) "Detection theory analysis of group data: Estimating sensitivity average hit and false alarm rates". Psychological bulletin. 98. 1. 185-199.

MACMILLAN, N.A. ; MOSCHETTO, C.F. ; BIALOSTOZKY, F.M. & ENGEL, L: (1974) "Size judgment: The presence of a standard increases the exponent of the power law". Perception and psychophysics. 16. 340-346.

MALMSTROM, F. & RANDLE, R. (1976) "Effects of visual images on the accommodation response". Perception and psychophysics. 19, 5. 450-453.

MARBARCH, N.D. ; ROGERS, M. & CONANT, J.: (1985) "Reasoning with Fuzzy logic". Newsweek. 4. II.

MARKS, L.E.: (1974) "Sensory process. The New Psychophysics." Academia Press. New York.

MARKS, L.E. & STEVENS, J.C.: (1966) "Individual brightness functions". Perception and psychophysics. 1. 17-24.

MARKS, L.E. & STEVENS, J.C.: (1968) "The form of the psychophysical function near threshold". Perception and psychophysics. 4. 315-318.

MASHHOUR, M. & HOSMAN, J.: (1967) "On the new psychophysical law: A validation study". Perception and psychophysics. 3. 367-375.

MASIN, S.C.: (1983) "An experimental check on Stevens' explanation of the partition paradox by successive doubling and bisecting". Perception and psychophysics. 34, 3. 294-296.

MATIN, E. ; RUBSAMEN, C. & SCHREYER, P: (1985) "Rapid psycho-physical measurements of orientation discrimination for basic research and for clinical fitting". Bulletin of the psychonomic society. 23, 6. 500-502.

McCALLUM, P. & GOLDBERG, H.: (1975) "Magnitude scales for electrocutaneous stimulation". Perception and psychophysics. 17, 1. 75-78.

McCREADY, D.: (1985) "On size, distance, and visual angle perception". Perception and psychophysics. 37, 4. 323-334.

McGILL, W.J: (1960) "The slope of the loudness function". In H. Gullickser and S. Messick (Eds): Psychological scaling: theory and applications. New York: Wiley.

McGILL, W.J.: (1974) "The slope of the loudness functions: A puzzle". In H.R. Moslowitz B. Scharf y J.C. Stevens (Ed) Sensation and measurement. Boston: Reidel.

McKENNA, F.P.: (1985) "Another look at the new psychophysics". British Journal of psychology. 15. 97-109.

MERINO, J.M. ; HERNANDEZ, L. & PADILLA, M.: (1987) "Interface programable para el control y la adquisición de datos en el laboratorio de psicología". Psicologica, 8, 1, 97-103 .

MERKEL, J.: (1888) "Die Abhängigkeit zwischen Reiz und empfindung". Philosophische Studien. 4. 541-594.

MERRILL, A.A. & BAIRD, J.C. (1979) "Studies of the cognitive representation of spatial relations: III. A hypothetical environment". Journal of Experimental psychology: General 103, 1. 99-104.

MERSHON, D.H. & GOGEL, W.C.: (1975) " Failure of familiar size to determine a metric for visually perceived distance". Perception and psychophysics. 17, 1. 101-106.

MILLER, G.A.: (1947) "Sensitivity to changes in the intensity of white noise and its relation to masking and loudness". Journal Acoust. Soc. Amer. 19. 609-619.

MITCHELL, M.J. & GREGSON, R.A.M.: (1971) "Between subject variation and within subject consistency of olfactory intensity scaling". Journal of experimental psychology. 89. 314-318.

MYERS, A.K.: (1982) "Psychophysical Scaling and scales of physical stimulus measurement". Psychological Bulletin. 92, 1. 203-214.

NORWICH, K.H.: (1981) "The magical number seven: Making a bit of sense". Perception and psychophysics. 29, 5. 409-422.

MERKEL, J.: (1888) "Die Abhängigkeit zwischen Reiz und empfindung". Philosophische Studien. 4. 541-594.

MERRILL, A.A. & BAIRD, J.C. (1979) "Studies of the cognitive representation of spatial relations: III. A hypothetical environment". Journal of Experimental psychology: General 103, 1. 99-104.

MERSHON, D.H. & GOGEL, W.C.: (1975) " Failure of familiar size to determine a metric for visually perceived distance". Perception and psychophysics. 17, 1. 101-106.

MILLER, G.A.: (1947) "Sensitivity to changes in the intensity of white noise and its relation to masking and loudness". Journal Acoust. Soc. Amer. 19. 609-619.

MITCHELL, M.J. & GREGSON, R.A.M.: (1971) "Between subject variation and within subject consistency of olfactory intensity scaling". Journal of experimental psychology. 89. 314-318.

MYERS, A.K.: (1982) "Psychophysical Scaling and scales of physical stimulus measurement". Psychological Bulletin. 92, 1. 203-214.

NORWICH, K.H.: (1981) "The magical number seven: Making a bit of sense". Perception and psychophysics. 29, 5. 409-422.

PETZOLD, P.: (1981) "Distance effects on sequential dependencies in categorical judgments". Journal of Experimental Psychology: Human perception and performances. 7, 6. 1371-1385.

PIERON, H.: (1955) "Les échelles subjectives peuvent-elles fournir la base d'une nouvelle loi psychophysique". L'Année Psychologique. 59. 1-34.

PLATEAU, J.A.F.: (1872) "Sur la mesure des sensations physiques, et sur la loi qui lie l'intensité de ces sensations à l'intensité de la cause excitante". Bulletin of the Academy of Royale, Belgique. 33. 376-385.

PONSODA, V. (1986) "Iniciación a la psicología matemática". Madrid: U. A. M.

POULTON, E.C.: (1967) "Population norms of top sensory magnitudes and S.Stevens' exponent". Perception and psychophysics. 2. 312-316.

POULTON, E.C.: (1968) "The new psychophysics: Six models for magnitude estimation". Psychological Bulletin. 69. 1-19.

POULTON, E.C.: (1979) "Models for biases in judging sensory magnitude". Psychological Bulletin. 86. 777-803.

PRADHAN, P.L. & HOFFMAN, P.J.: (1963) "Effect of spacing and range of stimuli on magnitude estimation judgments". Journal of Experimental psychology. 66. 6. 533-541.

RAMSEY, J.O.: (1979) "Intra an interindividual variation in the power law exponent for area summation". Perception and psychophysic. 26. 495-500.

RICHARDSON, L.F. & ROSS, J.S.: (1930) "Loudness and telephone current". Journal of general psychology. 3. 288-306.

ROBINSON, G.H.: (1976) "Biasing power exponents by magnitude estimation instructions". Perception and psychophysics. 19. 80-84.

ROSS, J. & DI LOLLO, V.: (1968) "A vector model for psychophysical judgement". Journal of Experimental psychology. 77.

RULE, S.J.: (1966) "Subject differences in exponents of psychophysical power functions". Perceptual and motor skills. 23. 1125-1126.

RULE, S.J. & MARKLEY, R.P.: (1971) "Subject differences in cross-modality matching". Perception and psychophysics. 9. 115-117.

SADALLA, E.K. & STAPLIN, L.: (1980) "The perception of traversed distance. Intersections". Environment and behavior. 12, 2. 167-182.

SADALLA, E.K. & STAPLIN, L.J.: (1980b) "An information storage model for distance cognition". Environment and behavior. 12. 2. 183-193.

SHUM, K.H. & WOLFORD, G.L.: (1983) "A quantitative study of perceptual vector analysis". Perception and psychophysics. Jul. 34, 1. 17-24.

SINGER, F. ; TYER, Z.E. & PASNAK, R.: (1982) "Assumed distance as a determinant of apparent size". Bulletin of the psychonomic society. 19. 267-268.

SMITH, R.A. (Jr).: (1982) "Size discrimination with low spatial frequencies". Perception. 11. 707-720.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G.: (1967) "Statistical methods" Ames. Iowa. U.S.A.: The Iowa state University Press. (6 th edition).

STEVENS, J.C. & GUIRAO, M.: (1964) "Individual loudness function". Journal of Acoustical Society of America. 36. 2210-2213.

STEVENS, J.C. & MACK, J.D.: (1959) "Scales of apparent force". Journal of Experimental psychology. 58. 405-413.

STEVENS, J.C. ; MACK, J.D. & STEVENS, S.S.: (1960) "Growth of sensation on seven continua as measured by force of hand-grip". Journal of experimental psychology. 59. 60-67.

STEVENS, J.C. & MARKS, L.E.: (1971) "Spatial summation and the dynamics of warmth sensation". Perception and psychophysics. 9. 291-298.

STEVENS, J.C. & STEVENS, S.S.: (1963) "Brightness functions Effects of adaptation". Journal of the optical Society of America. 53. 375-385.

STEVENS, J.C. & TULVING, E.: (1957) "Estimations of loudness by a group of untrained observes". American Journal of psychology. 70. 600-605.

STEVENS, S.S.: (1936) "A scale for the measurement of a psychological magnitude: loudness". Psychological review. 43. 405-416.

STEVENS, S.S.: (1956) "The direct estimation of sensory magnitudes loudness". American Journal of psychology. 69. 1-25.

STEVENS, S.S.: (1957) "On the Psychophysical law". Psychological review. 64. 153-181.

STEVENS, S.S.: (1958) "Problems and methods of psychophysics". Psychological Bulletin. 54. 177-196.

STEVENS, S.S.: (1959) "Mathematics, measurement and psychophysics". En S.S. Stevens. (Ed). Handbook of Experimental psychology. New York: Wiley. 1-49.

STEVENS, S.S.: (1959b) "Cross-modality validation of subjective scales for loudness, vibration and electric shock". Journal of experimental psychology. 57. 201-209.

STEVENS, S.S.: (1960) "On the new psychophysics". Scandinavian Journal of Psychology. 1. 27-35.

STEVENS, S.S.: (1960b) "The psychophysics of sensory function". American Scientist. 48. 226-253.

STEVENS, S.S.: (1961) "The psychophysics of sensory function". In W.A. Rosenblith (Ed): Sensory communication. Cambridge: Mass. M.I.T. Press.

STEVENS, S.S.: (1961b) "To honor Fechner and repeal his law". Science. January. 13. V.133. nº 3446. 80-86.

STEVENS, S.S.: (1966) "On the operation known as judgment". American Scientist. 54. 377-411.

STEVENS, S.S.: (1971) "Issues in psychophysical measurement". Psychological review. 78. 5. 426-450.

STEVENS, S.S.: (1975) "Psychophysics: Introduction to its perceptual, Neural and social prospects". New York: John Wiley and sons.

STEVENS, S.S. & GALANTER, E.H.: (1957) "Ratio scales and category scales for a dozen perceptual continua". Journal of Experimental psychology. 54. 377-411.

STEVENS, S.S. & GUIRAO, G.: (1963) "Subjective scaling of length and area and the matching of length to loudness and brightness". Journal of Experimental psychology. 66, 2 177-186.

STEVENS, S.S. & VOLKMANN, J.: (1940) "The relation of pitch to frequency: a revised scale". American Journal of Psychology. 53. 329-353.

STURE ERIKSSON, E.: (1973) "Distance perception and the ambiguity of visual stimulation: A theoretical note". Perception and psychophysics. 13, 3. 379-381.

SWANSTON, M.T. & WADE, N.J.: (1985) "Binocular interaction in induced line rotation". Perception and psychophysics. 37, 4. 363-368.

SWIFT, D. & SMITH, R.A.: (1983) "Spatial frequency masking and Weber's law". Vision research. 23, 5. 495-505.

TEGHTSOONIAN, M.: (1965) "The judgment of size" American Journal of psychology. 78. 392-402.

TEGHTSOONIAN, M. & TEGHTSOONIAN, R.: (1971) "How repeatable are Stevens's power law exponents for individual subjects". Perception and psychophysics. 10. 3. 147-149.

TEGHTSOONIAN, M. & TEGHTSOONIAN, R.: (1983) "Consistency of individual exponents in cross-modal matching". Perception and psychophysics. 33, 3. 203-214.

TEGHTSOONIAN, M; TEGHTSOONIAN, R ; BERGLUND, B & BERGLUND, U: (1978) "Invariance of odor strength with sniff vigor: An olfactory analogue to size constancy". Journal of experimental psychology: Human perception and performance. 4, 144-152.

TEGHTSOONIAN, R.: (1971) "On the exponents in Stevens's law and the constant in Ekman's law". Psychology review. 78, 1. 71-80.

TEGHTSOONIAN, R.: (1973) "Range effects in psychophysical scaling and a revision of Stevens's law". American Journal of psychology. 86. 3-27.

TEGHTSOONIAN, R. & TEGHTSOONIAN, M.: (1978) "Range and regression effects in magnitude scaling". Perception and psychophysics. V.24, (4). 305-314.

THORNDIKE, E.L.: (1918) "Fundamental theorem in judging men" Journal of Applied psychology. 2. 67-76.

TREISMAN, M.: (1964) "Sensory scaling and the psychophysical laws". Quarterly Journal of Experimental psychology. 16. 11-22.

TREISMAN, M: (1985) "The magical number seven and some other features of category scaling: Properties of a model for absolute judgment". Journal of mathematical psychology. 29. 175-230.

TUDELA, P.: (1985) "Psicología Experimental". Madrid: U. N. E. D.

TVERSKY, A. & HUTCHINSON, J.W.: (1986) "Nearest neighbor analysis of psychological spaces". Psychological review.

TYER, Z.E. ; ALLEN, J.A. & PASNAK, R.: (1983) "Instruction effects on size and distance judgments". Perception and psychophysics. 34. 135-139.

VEIT, C.T.: (1978) "Ratio and subtractive processes in psychological judgment". Journal of Experimental psychology: General. 107. 1. 81-107.

VERRILLO, R.T: (1962) "Investigation of some parameters of the cutaneous threshold for vibration". Journal of Acoustical society of America. 34. 1768-1773.

VERRILLO, R.T : (1966) "Specificity of cutaneous receptor". Perception and psychophysics. 1, 149-152.

VERRILLO, R.T.: (1983) "Stability of line length estimates using the method of absolute magnitude estimation". Perception and psychophysics. 33. 261-265.

VOGEL, J.M. & TEGHTSOONIAN, M.: (1972) "The effects of perspective alterations on apparent size and distance scales". Perception and psychophysics. 11, 4. 294-298.

VOGELS, R. & ORBANT, G.A.: (1985) "The effect of practice on the oblique effect in line orientation judgments". Vision research. 25, 11. 1679-1687.

VON BEKESY, G.: (1972) "Conceptual problems in comparing psychophysical and neurophysiological data". Sensory coding. 101-118.

WALLACH, J. ; YABLICK, G. & SMITH, A.: (1972) "Target distance and adaptation in distance perception in the constancy of visual direction". Perception and psychophysics. 12. 2A. 139-145.

WALLACH, H. & O'LEARY, A.: (1982) "Slope of regard as a distance cue". Perception and psychophysics. 31, 2. 145-148.

WALSH, J.K. & BROWMAN, C.P.: (1978) "Intraindividual consistency on a cross-modality matching task". Perception and psychophysics. 23. 210-214.

WANDELL, B.A. ; AHUMADA, P. & WELSH, D.: (1984) "Reaction times to weak test lights". Vision research. 24, 7. 647-652.

WANSCHURA, R.G. & DAWSON, N.E.: (1974) "Regression effect and individual power functions over sessions". Journal of Experimental psychology. 102, 5. 806-812.

WARD, L.M.: (1973) "Repeated magnitude estimations with a variable standard: Sequential effects and other properties". Perception and psychophysics. 13, 2. 193-200.

WARD, L.M.: (1982) "Mixed-modality psychophysical scaling: Sequential dependencies and other properties". Perception and psychophysics. 31, 1. 53-62.

WARD, L.M. & LOCKHEAD, G.R.: (1971) "Response system processes in absolute judgment". Perception and psychophysics. 9. 73-78.

WARD, L.M. & RUSSELL, J.: (1981) "Cognitive set and the perception of place". Environment and behavior. 13, 5. 650-632.

WARREN, R.M. & WARREN, R.P.: (1963) "A critique of S.S. Stevens' New psychophysics". Perceptual and motor skills. 16. 797-810.

WARREN, R.M.: (1981) "Measurement of sensory intensity". The behavioral and brain sciences. 4. 175-223.

WATER WORTH, J.A.: (1985) "Memory mechanisms and the psychophysical scaling of duration". Perception. 14. 81-92.

WEBER, E.H.: (1834) "De pulsu, resorptione, auditu et tactu: Annotationes anatomicae et physiologicae". Leipzig: Koehler.

- WEISS, D.J.: (1972) "Averaging: An empirical validity criterion for magnitude estimation". Perception and psychophysics. 12, 5. 385-388.
- WEISS, D.J.: (1981) "The imposible dream of Fechner and Stevens". Perception. 10. 431-434.
- WEISS, D.J. & ANDERSON, N.H.: (1969) "Subjective averaging of length with serial presentation". Journal of Experimental psychology. 82. 52-63.
- WELFORD, A.T. & HOUSSIADAS, L.: (1970) "Contemporary problems in perception". London. England: Taylor and Francis.
- WRIGHT, A.A.: (1974) "Psychometric and psychophysical theory within a framework of response bias". Psychological review. 81. 322-347.
- YELA, M.: (1966) "La ley de los juicios comparativos y la construcción de escalas psicológicas". Revista Psicología General y Aplicada. 81. 659-691.
- YILMAZ, H.: (1967) "Perceptual invariance and the psychophysical law". Perception and psychophysics. 2. 533-538.
- YNTEMA, D.B. & TORGERSON, W.S.: (1961) "Man-computer cooperation in decisions requiring common sense". IRE

Transactions of the professional group on Human factors in electronics. HFE 2, 1. 20-26.

ZAUS, M.: (1985) "A partial taxonomy of some principal types of adaptative estimation procedures for points on quantal response curves in psychophysics". 16 th meeting of the European Mathematical psychology group. Montpellier: Sept. 8-11.

ZINNES, J.L.: (1969) "Scaling". Annual review of psychology. 20. 447-478.

ZWISLOCKI, J.J.: (1965) "Analysis of some auditory characteristics". In. R.D. Luce; R.R. Bush y E. Galanter (Ed) Handbook of mathematical psychology. New York: Wiley. V.III. 1-97.

ZWISLOCKI, J.J.: (1983) "Group and individual relation between sensation magnitudes and their numerical estimates". Perception and psychophysics. 33. 460-468.

**ANEXO NUMERO: 1**

**Instrucciones Experimento I:**

La prueba consiste en estimar la longitud de una serie de líneas verticales que se presentarán a continuación en orden irregular. Delante de la presentación de cada línea, verá siempre una misma línea vertical que utilizará como referencia para estimar la longitud de la línea presentada en segundo lugar. Primeramente, tiene que señalar si la longitud de esta segunda línea es mayor, menor o igual que la longitud de la línea de referencia y teniendo en cuenta la longitud de esta, estime la longitud de la segunda línea en milímetros.

Un sonido le indicará el comienzo de cada ensayo.

ANEXO NUMERO: 2. Para cada sujeto tenemos una matriz de 20 filas y 5 columnas. Cada valor  $S_{ij}$  ( $i=20; j=5$ ) representa la estimación  $j$  al estímulo de intensidad  $i$ . Así, por ejemplo,  $S_{83}$  = 100 es la estimación de la magnitud al estímulo  $E(8)$  en el ensayo 3. Las longitudes reales de los estímulos  $E(i)$  en milímetros, son: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200. El estímulo estándar es el  $E(10)$  de módulo asignado libremente por el observador.

DATOS BASICOS DEL EXPERIMENTO 1:

SUJETO 1

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
40.00	40.00	30.00	40.00	40.00
50.00	60.00	60.00	50.00	60.00
70.00	80.00	60.00	70.00	70.00
70.00	70.00	70.00	80.00	80.00
110.00	80.00	100.00	90.00	80.00
120.00	140.00	140.00	130.00	130.00
150.00	150.00	150.00	160.00	150.00
160.00	170.00	160.00	170.00	200.00
180.00	180.00	170.00	190.00	200.00
200.00	200.00	200.00	180.00	210.00
180.00	200.00	200.00	220.00	200.00
210.00	200.00	220.00	240.00	250.00
210.00	210.00	250.00	230.00	260.00
210.00	210.00	250.00	270.00	250.00
250.00	250.00	250.00	260.00	280.00
250.00	250.00	280.00	280.00	280.00
280.00	280.00	290.00	290.00	290.00

SUJETO 3

10.00	15.00	15.00	20.00	20.00
20.00	25.00	20.00	30.00	30.00
25.00	25.00	35.00	50.00	40.00
30.00	55.00	40.00	60.00	50.00
50.00	70.00	65.00	60.00	60.00
40.00	70.00	70.00	80.00	70.00
50.00	55.00	70.00	85.00	80.00
70.00	90.00	95.00	90.00	85.00
100.00	95.00	90.00	100.00	90.00
105.00	100.00	105.00	105.00	110.00
115.00	115.00	110.00	130.00	100.00
135.00	130.00	140.00	140.00	115.00
130.00	115.00	150.00	140.00	130.00
190.00	150.00	180.00	170.00	170.00
180.00	200.00	180.00	200.00	180.00
190.00	200.00	200.00	200.00	220.00
160.00	230.00	220.00	210.00	200.00
220.00	210.00	260.00	250.00	200.00
210.00	270.00	275.00	280.00	260.00
220.00	190.00	300.00	290.00	290.00

SUJETO 2

8.00	8.00	40.00	8.00	8.00
11.00	12.00	12.00	14.00	12.00
25.00	35.00	32.00	35.00	35.00
40.00	25.00	45.00	50.00	50.00
50.00	45.00	35.00	55.00	60.00
60.00	50.00	50.00	70.00	80.00
80.00	60.00	60.00	65.00	80.00
70.00	70.00	80.00	70.00	90.00
100.00	90.00	80.00	80.00	95.00
104.00	104.00	100.00	95.00	100.00
110.00	110.00	104.00	110.00	100.00
120.00	120.00	110.00	110.00	110.00
140.00	130.00	122.00	125.00	120.00
150.00	125.00	120.00	170.00	130.00
140.00	150.00	140.00	180.00	130.00
190.00	130.00	160.00	150.00	160.00
180.00	160.00	150.00	150.00	145.00
200.00	180.00	180.00	160.00	160.00
210.00	200.00	190.00	170.00	180.00
225.00	220.00	190.00	190.00	200.00

SUJETO 4

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
30.00	25.00	25.00	35.00	35.00
30.00	30.00	30.00	35.00	35.00
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
50.00	50.00	60.00	40.00	40.00
50.00	50.00	50.00	60.00	65.00
70.00	55.00	55.00	60.00	60.00
60.00	65.00	65.00	65.00	65.00
70.00	70.00	70.00	70.00	65.00
90.00	75.00	75.00	70.00	80.00
80.00	80.00	75.00	80.00	75.00
100.00	75.00	80.00	90.00	80.00
130.00	90.00	100.00	100.00	85.00
120.00	100.00	100.00	100.00	100.00
100.00	130.00	105.00	110.00	135.00
135.00	130.00	140.00	130.00	140.00
140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
140.00	140.00	145.00	145.00	145.00
145.00	145.00	145.00	145.00	150.00

**SUJETO 5**

20.00	20.00	20.00	15.00	15.00
20.00	30.00	30.00	30.00	30.00
35.00	40.00	35.00	35.00	30.00
30.00	40.00	40.00	40.00	40.00
35.00	40.00	50.00	45.00	45.00
40.00	55.00	60.00	50.00	60.00
50.00	55.00	60.00	60.00	60.00
50.00	65.00	65.00	65.00	85.00
50.00	70.00	70.00	65.00	65.00
60.00	75.00	70.00	70.00	65.00
70.00	75.00	70.00	80.00	75.00
85.00	80.00	80.00	70.00	75.00
75.00	85.00	80.00	80.00	75.00
80.00	85.00	80.00	85.00	80.00
85.00	95.00	85.00	80.00	80.00
90.00	90.00	85.00	85.00	85.00
100.00	100.00	90.00	85.00	85.00
105.00	105.00	95.00	95.00	95.00
105.00	105.00	95.00	100.00	100.00
110.00	105.00	105.00	105.00	105.00

**SUJETO 7**

2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	5.00	5.00	5.00	5.00
5.00	5.00	5.00	10.00	5.00
5.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
6.00	10.00	15.00	15.00	10.00
10.00	15.00	15.00	15.00	15.00
17.00	15.00	17.50	17.50	15.00
15.00	20.00	20.00	15.00	20.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
25.00	20.00	20.00	20.00	22.50
22.00	25.00	20.00	25.00	25.00
25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
30.00	30.00	30.00	30.00	25.00
30.00	30.00	30.00	25.00	25.00
35.00	30.00	30.00	30.00	30.00
30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
35.00	40.00	30.00	30.00	30.00
40.00	40.00	40.00	30.00	40.00
40.00	45.00	45.00	45.00	45.00

**SUJETO 6**

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
20.00	30.00	30.00	30.00	30.00
50.00	50.00	50.00	50.00	30.00
50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
70.00	70.00	60.00	70.00	60.00
80.00	70.00	80.00	70.00	70.00
70.00	80.00	80.00	80.00	70.00
80.00	90.00	80.00	90.00	80.00
100.00	100.00	110.00	110.00	100.00
100.00	110.00	110.00	110.00	110.00
120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
130.00	120.00	130.00	130.00	130.00
140.00	130.00	130.00	130.00	140.00
160.00	130.00	130.00	130.00	130.00
140.00	140.00	140.00	150.00	140.00
160.00	160.00	160.00	150.00	150.00
170.00	170.00	170.00	160.00	150.00
170.00	170.00	170.00	170.00	170.00

**SUJETO 8**

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
20.00	30.00	30.00	50.00	30.00
30.00	30.00	50.00	50.00	60.00
30.00	50.00	50.00	50.00	60.00
30.00	100.00	100.00	100.00	70.00
30.00	100.00	100.00	100.00	100.00
40.00	150.00	120.00	100.00	100.00
40.00	150.00	150.00	150.00	150.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
200.00	150.00	150.00	150.00	150.00
150.00	200.00	200.00	200.00	200.00
200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
200.00	200.00	250.00	200.00	200.00
20.00	250.00	250.00	200.00	250.00
200.00	250.00	250.00	250.00	250.00
300.00	300.00	300.00	300.00	250.00
300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
300.00	300.00	300.00	300.00	300.00

SUJETO 9

5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
15.00	20.00	20.00	20.00	15.00
20.00	25.00	20.00	20.00	20.00
30.00	35.00	40.00	40.00	30.00
35.00	40.00	50.00	50.00	50.00
45.00	50.00	50.00	50.00	50.00
40.00	50.00	60.00	50.00	60.00
50.00	50.00	50.00	60.00	60.00
60.00	80.00	70.00	80.00	70.00
70.00	80.00	80.00	80.00	80.00
70.00	80.00	80.00	90.00	80.00
80.00	80.00	80.00	90.00	90.00
100.00	100.00	80.00	95.00	90.00
80.00	90.00	115.00	100.00	90.00
90.00	100.00	90.00	80.00	140.00
90.00	100.00	120.00	100.00	120.00
120.00	120.00	100.00	150.00	150.00
100.00	250.00	120.00	160.00	150.00
140.00	200.00	220.00	160.00	160.00
250.00	200.00	220.00	170.00	160.00

SUJETO 11

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
50.00	30.00	50.00	50.00	40.00
40.00	50.00	60.00	80.00	80.00
60.00	60.00	80.00	80.00	60.00
70.00	70.00	100.00	100.00	120.00
80.00	120.00	100.00	130.00	120.00
90.00	120.00	130.00	140.00	130.00
110.00	150.00	140.00	150.00	150.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
160.00	150.00	160.00	160.00	170.00
180.00	160.00	160.00	150.00	180.00
160.00	180.00	170.00	180.00	180.00
180.00	180.00	190.00	170.00	190.00
180.00	200.00	180.00	180.00	200.00
250.00	240.00	220.00	190.00	210.00
260.00	230.00	230.00	200.00	270.00
200.00	280.00	270.00	250.00	270.00
300.00	280.00	290.00	290.00	280.00
300.00	300.00	300.00	300.00	300.00

SUJETO 10

10.00	12.00	12.00	13.00	12.00
20.00	20.00	23.00	23.00	25.00
27.00	40.00	30.00	35.00	33.00
40.00	45.00	37.00	38.00	50.00
55.00	50.00	55.00	40.00	50.00
75.00	70.00	55.00	7.00	55.00
65.00	75.00	65.00	75.00	68.00
80.00	82.00	80.00	75.00	75.00
95.00	85.00	85.00	80.00	85.00
100.00	90.00	90.00	90.00	90.00
110.00	100.00	100.00	95.00	95.00
115.00	110.00	105.00	100.00	92.00
125.00	115.00	120.00	115.00	105.00
140.00	110.00	120.00	120.00	105.00
135.00	135.00	125.00	130.00	105.00
160.00	140.00	140.00	120.00	145.00
150.00	140.00	145.00	155.00	135.00
175.00	160.00	165.00	165.00	150.00
190.00	175.00	175.00	170.00	160.00
200.00	180.00	175.00	180.00	165.00

SUJETO 12

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
30.00	30.00	40.00	50.00	40.00
40.00	50.00	50.00	50.00	50.00
50.00	80.00	60.00	60.00	80.00
50.00	80.00	80.00	80.00	100.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
100.00	100.00	100.00	100.00	120.00
120.00	150.00	150.00	140.00	150.00
150.00	150.00	170.00	150.00	150.00
150.00	170.00	150.00	150.00	170.00
170.00	180.00	170.00	180.00	200.00
200.00	150.00	200.00	220.00	200.00
200.00	200.00	200.00	220.00	200.00
200.00	250.00	200.00	260.00	260.00
230.00	260.00	260.00	260.00	260.00
260.00	270.00	260.00	260.00	260.00
280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
300.00	280.00	280.00	280.00	280.00
300.00	300.00	300.00	300.00	300.00

SUJETO 13

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
12.00	20.00	20.00	15.00	20.00
20.00	30.00	30.00	30.00	30.00
25.00	30.00	30.00	30.00	30.00
30.00	30.00	40.00	50.00	40.00
40.00	40.00	50.00	45.00	50.00
50.00	50.00	60.00	60.00	60.00
80.00	50.00	60.00	60.00	50.00
70.00	50.00	60.00	70.00	60.00
80.00	70.00	70.00	70.00	70.00
60.00	80.00	80.00	80.00	80.00
100.00	70.00	90.00	90.00	90.00
70.00	90.00	90.00	90.00	90.00
120.00	90.00	90.00	90.00	90.00
100.00	90.00	90.00	90.00	100.00
150.00	90.00	90.00	90.00	110.00
110.00	100.00	120.00	100.00	90.00
160.00	120.00	120.00	120.00	160.00
170.00	140.00	160.00	150.00	160.00
180.00	130.00	140.00	170.00	180.00

SUJETO 15

10.00	15.00	15.00	15.00	15.00
10.00	30.00	25.00	30.00	25.00
40.00	40.00	35.00	30.00	50.00
40.00	50.00	50.00	50.00	50.00
50.00	60.00	50.00	70.00	60.00
60.00	70.00	70.00	70.00	70.00
60.00	80.00	70.00	80.00	80.00
80.00	90.00	80.00	80.00	80.00
80.00	90.00	100.00	100.00	90.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
110.00	115.00	110.00	110.00	100.00
120.00	120.00	120.00	110.00	110.00
125.00	120.00	120.00	120.00	130.00
150.00	150.00	150.00	120.00	120.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
150.00	200.00	150.00	150.00	150.00
200.00	150.00	150.00	200.00	150.00
200.00	250.00	200.00	200.00	200.00
250.00	250.00	200.00	250.00	200.00
250.00	300.00	300.00	250.00	250.00

SUJETO 14

15.00	10.00	15.00	15.00	10.00
20.00	20.00	30.00	20.00	20.00
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
40.00	40.00	40.00	50.00	40.00
60.00	50.00	60.00	70.00	50.00
60.00	70.00	70.00	60.00	60.00
70.00	80.00	80.00	80.00	70.00
80.00	80.00	80.00	90.00	80.00
90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
90.00	100.00	90.00	100.00	100.00
120.00	110.00	110.00	110.00	110.00
130.00	120.00	120.00	120.00	120.00
130.00	140.00	140.00	130.00	120.00
150.00	140.00	140.00	150.00	140.00
160.00	160.00	160.00	140.00	150.00
180.00	170.00	150.00	160.00	160.00
170.00	170.00	170.00	160.00	170.00
190.00	190.00	170.00	170.00	180.00
200.00	190.00	190.00	180.00	185.00
220.00	190.00	190.00	190.00	195.00

SUJETO 16

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
30.00	50.00	30.00	40.00	40.00
40.00	60.00	50.00	50.00	60.00
40.00	50.00	60.00	60.00	60.00
80.00	70.00	60.00	80.00	60.00
90.00	60.00	80.00	90.00	80.00
100.00	90.00	90.00	90.00	90.00
100.00	90.00	100.00	100.00	100.00
100.00	100.00	100.00	120.00	100.00
120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
150.00	170.00	120.00	120.00	140.00
150.00	150.00	150.00	140.00	160.00
150.00	180.00	140.00	180.00	150.00
200.00	150.00	160.00	160.00	180.00
250.00	200.00	180.00	150.00	190.00
200.00	200.00	160.00	200.00	180.00
300.00	280.00	200.00	200.00	200.00
250.00	300.00	250.00	200.00	250.00

SUJETO 17

5.00	0.50	0.50	0.50	0.50
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
15.00	20.00	15.00	20.00	20.00
20.00	20.00	25.00	25.00	25.00
20.00	30.00	30.00	30.00	30.00
25.00	30.00	30.00	40.00	35.00
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
30.00	45.00	45.00	45.00	45.00
40.00	50.00	50.00	50.00	50.00
55.00	55.00	55.00	50.00	55.00
60.00	55.00	55.00	55.00	55.00
65.00	65.00	60.00	60.00	60.00
70.00	65.00	60.00	65.00	60.00
100.00	75.00	70.00	75.00	65.00
80.00	85.00	85.00	85.00	75.00
90.00	90.00	95.00	80.00	90.00
100.00	100.00	95.00	95.00	95.00
115.00	105.00	100.00	105.00	105.00
110.00	105.00	105.00	110.00	110.00

SUJETO 19

10.00	20.00	20.00	20.00	20.00
15.00	30.00	40.00	40.00	40.00
50.00	50.00	40.00	75.00	50.00
100.00	80.00	100.00	100.00	100.00
100.00	100.00	150.00	100.00	150.00
100.00	150.00	150.00	150.00	175.00
170.00	180.00	180.00	175.00	150.00
150.00	175.00	190.00	180.00	190.00
170.00	175.00	190.00	190.00	190.00
200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
220.00	220.00	200.00	220.00	220.00
150.00	220.00	220.00	225.00	250.00
250.00	250.00	220.00	250.00	290.00
250.00	250.00	275.00	290.00	300.00
250.00	275.00	300.00	300.00	275.00
300.00	300.00	300.00	300.00	350.00
300.00	300.00	350.00	290.00	350.00
320.00	380.00	350.00	350.00	350.00
350.00	400.00	400.00	375.00	400.00
350.00	400.00	400.00	400.00	400.00

SUJETO 18

10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
20.00	30.00	25.00	25.00	30.00
30.00	30.50	30.00	30.00	35.00
35.00	40.00	40.00	50.00	50.00
40.00	60.00	60.00	70.00	70.00
70.00	70.00	80.00	70.00	80.00
80.00	90.00	90.50	90.00	90.00
90.00	90.00	100.00	90.00	95.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
100.00	100.00	100.00	110.00	100.00
115.00	120.00	110.00	110.00	110.00
110.00	110.00	120.00	160.00	110.00
120.00	165.50	110.00	160.00	120.00
130.00	140.00	160.00	150.00	160.00
120.00	160.00	160.00	170.00	180.00
140.00	180.00	160.00	180.00	180.00
115.50	190.00	180.00	180.00	180.00
120.00	190.00	190.00	190.00	190.00
150.00	200.00	200.00	200.00	200.00

SUJETO 20

7.00	10.00	10.00	10.00	10.00
15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
20.00	15.00	20.00	20.00	20.00
20.00	20.00	25.00	30.00	30.00
50.00	75.00	50.00	45.00	40.00
50.00	90.00	90.00	35.00	90.00
90.00	90.00	130.00	100.00	140.00
100.00	140.00	140.00	140.00	145.00
100.00	125.00	150.00	150.00	140.00
180.00	150.00	155.00	150.00	145.00
175.00	175.00	160.00	160.00	160.00
230.00	175.00	175.00	175.00	175.00
215.00	200.00	200.00	165.00	190.00
200.00	225.00	190.00	190.00	180.00
220.00	200.00	200.00	200.00	180.00
215.00	235.00	200.00	175.00	190.00
225.00	230.00	220.00	225.00	210.00
250.00	240.00	220.00	210.00	210.00
250.00	250.00	240.00	250.00	230.00
275.00	250.00	250.00	230.00	230.00

ANEXO NUMERO 3: Programa para presentar los estímulos por el taquistoscopio.

Experimento I.

```
10 BASE = 49372
20 CA = BASE + 1
30 CB = BASE + 3
40 DA = BASE + 0
50 DB = BASE + 2
60 REM PROGRAMA PORT A (TECLADO) COMO ENTRADA
70 POKE CA,0
80 POKE DA,0
90 POKE CA,255
100 REM PROGRAMA PORT B (RELES) COMO SALIDAS Y ABRE LOS RE
    LES
110 POKE CB,0
120 POKE DB,255
130 POKE CB,255
140 POKE DB,0
145 REM ENTRADA DE PARAMETROS
150 INPUT "NOMBRE Y APELLIDOS?";NOMBRE$
155 SUJET$ = NOMBRE$
160 INPUT "NUM. EST. A PRESENTAR (CONTANDO EL ESTANDAR)?";NE
170 INPUT "NUMERO DE BLOQUES DE PRESENTACION?";NB
180 INPUT "ESTIMULO ESTANDAR NUMERO?";ES
185 INPUT "SEMILLA DE ALEATORIOS (VALOR POSITIVO)?";W
190 DIM A(NB,NE),NA(NB,NE),LP(NB,NE)
195 DIM P(NB,NE),ED(NB,NE)
196 DIM B(NB,NE)
200 REM ALEATORIZACION DE LOS ESTIMULOS
250 R = RND (- W)
260 FOR I = 1 TO NB
270 K = 1
280 FOR J = 1 TO NE
290 R = INT (NE * RND (W) + 1)
300 IF R > NE THEN GOTO 290
315 IF A(I,R) < > 0 THEN GOTO 290
320 A(I,R) = R;NA(I,K) = R
350 K = K + 1
360 NEXT J; NEXT I
400 REM DETERMINACION DE LOS ESTIMULOS A PRESENTAR EN LOS
    CANALES 1 Y 2
410 PR# 1
420 PRINT " SUJETO ";NOMBRE$
430 PRINT "EST. ESTANDAR EN EL CANAL 3=";ES
440 FOR I = 1 TO NB
450 PRINT "BLOQUE ";I;" CANAL 1"
460 FOR K = 1 TO NE STEP 2
470 PRINT NA(I,K)
480 NEXT K
490 PRINT "BLOQUE ";I;" CANAL 2"
500 FOR K = 2 TO NE STEP 2
510 PRINT NA(I,K)
520 NEXT K
521 NEXT I
540 PR# 0
545 PRINT "PARA CONTINUAR PULSAR BARRA ESPACIADORA"
550 GET C%; IF C% < > " " THEN GOTO 550
600 REM PRESENTACION DE ESTIMULOS Y RECOGIDA DE DATOS
601 FOR L1 = 1 TO NB; FOR L2 = 1 TO NE STEP 2; B(L1,L2) = 1;
    NEXT L2; NEXT L1
610 FOR I = 1 TO NB
630 FOR K = 1 TO NE
640 IF B(I,K) = 1 THEN C2 = 1; GOTO 660
650 C2 = 2
660 GOSUB 3030; REM CREACION SUBROUTINA DE TIEMPO
670 REM COMPROBACION EN PANTALLA DEL CANAL Y DEL ESTIMULO
    A PRESENTAR
680 HOME : PRINT "BLOQUE=";I;" CANAL=";C2;" ESTIMULO=";NA
    (I,K)
```

```

690 PRINT "PARA CONTINUAR PULSAR BARRA ESPACIADORA"
700 GET C$: IF C$ < > " " THEN GOTO 700
705 POKE 782,125
710 REM GENERACION SONIDO INDICANDO COMIENZO ENSAYO
720 PRINT ""
730 CALL 768
740 POKE DB,2 ^ (3 - 1)
750 H = PEEK (DA): IF H = 240 THEN GOTO 750
760 POKE DB,0
761 H = PEEK (DA)
765 IF H < > 240 GOTO 761
770 POKE DB,2 ^ (C2 - 1)
780 H = PEEK (DA): IF H = 240 THEN GOTO 780
790 POKE DB,0
800 J = NA(I,K)
1100 INPUT "PROPORCION (MAYOR=2, IGUAL=1, MENOR=0)?": P(I,J)
1110 INPUT "ESTIMACION DISTANCIA?": ED(I,J)
1130 LP(I,J) = K
1155 NEXT K
1160 NOMBRE$ = NOMBRE$ + STR$ (I)
1180 HOME : PRINT "ALGUNA CORRECCION(SI/NO)?": INPUT CO$
1190 IF CO$ = "NO" THEN GOTO 2030
1200 BN = I: INPUT "NUMERO ESTIMULO?": EN
1300 PRINT "LOS VALORES INTRODUCIDOS HAN SIDO": PRINT " PRO
PORCION=": P(I,EN): PRINT "ESTIMACION DISTANCIA=": ED(I,EN
)
1400 PRINT "INTRODUCE LOS NUEVOS VALORES"
1450 INPUT "PROPORCION?": P(I,EN): INPUT "ESTIMACION DISTANC
IA?": ED(I,EN)
1460 INPUT "ALGUNA CORRECCION MAS(SI/NO)?": CM$
1500 IF CM$ = "SI" THEN GOTO 1200
1550 GOTO 2030
2030 REM GUARDAR DATOS EN FICHEROS CON EL NOMBRE DEL SUJET
O
2040 HOME : PRINT "INSERTA DISCO EN DRIVE 1 Y PULSA": INPUT
"<RETURN> PARA CONTINUAR": OK$
2050 D$ = CHR$ (4)
2060 PRINT D$:"OPEN": NOMBRE$
2063 PRINT D$:"WRITE": NOMBRE$
2064 FOR J = 1 TO NE: PRINT LP(I,J): PRINT P(I,J): PRINT ED
(I,J): NEXT J
2065 PRINT D$:"CLOSE": NOMBRE$
2066 NOMBRE$ = SUJET$
2067 NEXT I
2070 PR# 1
2080 PRINT " " : SUJET$
2090 FOR I = 1 TO NB: FOR K = 1 TO NE
3000 PRINT "B=": I: " EST=": K: "LP=": LP(I,K): " PROF=": P(I,K): "
ESTIM=": ED(I,K)
3010 NEXT K: PRINT : PRINT : NEXT I
3015 PR# 0

3030 REM SUBROUTINA DE TIEMPO
3040 POKE 768,206: POKE 769,14: POKE 770,3
3050 POKE 771,48: POKE 772,8
3060 POKE 773,169: POKE 774,37
3070 POKE 775,32: POKE 776,168: POKE 777,252
3080 POKE 778,76: POKE 779,0: POKE 780,3
3090 POKE 781,96
3100 POKE 782,1
3110 RETURN

```

ANEXO NUMERO 4: Programa para obtener la función potencial generalizada:

$$S = a + b E^n \quad (\text{IBM. XT})$$

```
70 VA =25 : REM va es numero de pares de valores
80 DIM X(VA), Y(VA), YP(VA), Z(VA)
100 FOR I = 1 TO VA
120 READ Y(I),X(I)
150 NEXT I
170 DEF FN POT(A,B,N,X) = A + B*X^N
230 INPUT "extremos de n (NI,NS)";NI,NS
300 INPUT "paso de barrido de N ";NF
320 MIN = 10^6
330 FOR N = NI TO NS STEP NF
340 FOR I = 1 TO VA
360 Z(I) = X(I)^N
390 NEXT I
400 REM medias, var y cov
430 SUZ=0: SUY=0: SUZ2=0:SUY2=0:SUZY=0
450 FOR I = 1 TO VA
470 SUZ = SUZ + Z(I)
490 SUY = SUY + Y(I)
510 SUY2= SUY2+ Y(I)^2
530 SUZ2= SUZ2+ Z(I)^2
550 SUZY= SUZY+ Z(I)*Y(I)
580 NEXT I
600 BN=(VA*SUZY - SUZ*SUY):BD=(VA*SUZ2 -SUZ^2): B=BN/BD
630 A = SUY/VA - B*SUZ/VA
650 R2 = BN^2/((VA*SUZ2-SUZ^2)*(VA*SUY2-SUY^2))
660 SEC= 1-R2
700 IF SEC < MIN THEN MIN=SEC: NM=N: AM=A: BM=B
705 PRINT R2
710 PRINT A,B,N,SEC
720 PRINT AM,BM,NM,MIN
725 PRINT
728 IF SEC<0 THEN BEEP:BEEP:END
730 NEXT N
1000 DATA
1100 DATA
1200 DATA
1300 DATA
1400 DATA
1500 DATA
1600 DATA
1700 DATA
1800 DATA
1900 DATA
```

## ANEXO NUMERO 5.

### Instrucciones Experimento II:

La prueba consiste en estimar la longitud de una serie de líneas verticales que sucesivamente se le irán presentando a continuación. Delante de la presentación de cada una de estas líneas, verá siempre otra línea vertical de 8 centímetros de longitud que utilizará como referencia para estimar la longitud de la línea que se presenta posteriormente. En primer lugar, tiene que señalar si la longitud de esta segunda línea es mayor, menor o igual que la de referencia; posteriormente y teniendo en cuenta la longitud de la línea de referencia, estime la longitud de esta segunda línea en centímetros.

Un sonido le indicará el comienzo de cada ensayo.

**ANEXO NUMERO 6:** Para cada sujeto tenemos una matriz de datos de 16 filas y 5 columnas. Cada valor  $S_{ij}$  ( $i= 16; j= 5$ ) representa la estimación  $j$  al estímulo de intensidad  $i$ ,  $E(i)$ , realizada en cinco bloques. Así, por ejemplo, en el sujeto primero  $S_{12,4} = 10.5$  representa la estimación de la longitud al estímulo  $E(12)$  en el cuarto bloque. Las longitudes reales de los estímulos  $E(i)$ , en centímetros, son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

**DATOS BASICOS DEL EXPERIMENTO 2:**

**SUJETO 1**

1.50	1.50	1.50	2.00	2.00
3.00	3.50	3.00	4.00	4.00
4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
5.00	5.50	4.50	5.50	6.00
5.50	6.00	5.50	6.00	7.00
6.50	6.50	7.00	7.00	7.50
8.00	8.00	7.50	8.00	8.00
8.00	8.50	8.00	8.50	8.00
9.00	9.00	9.00	9.00	8.50
11.00	9.00	9.50	9.00	9.00
10.50	10.00	10.00	10.00	10.00
11.00	10.50	10.00	10.50	11.00
12.00	11.00	12.00	11.00	11.00
14.00	14.00	13.00	12.00	12.00
12.00	15.50	13.50	13.00	13.00
15.00	14.00	14.00	14.00	13.50

**SUJETO 2**

1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
3.50	3.00	3.00	3.00	3.00
5.50	4.50	4.50	5.50	5.00
5.00	5.50	5.50	6.00	6.00
6.50	6.50	6.50	7.00	7.00
6.50	7.00	7.00	7.50	7.50
7.50	8.00	8.00	7.00	8.00
9.50	8.00	8.00	8.00	8.00
10.00	10.00	10.00	9.50	9.00
11.50	11.00	10.50	10.00	9.50
12.00	11.00	11.00	10.50	10.00
13.00	12.50	12.00	11.00	10.50
13.50	12.00	13.00	11.50	11.00
15.00	15.00	13.00	13.00	12.00
15.00	16.00	15.00	13.00	14.00
16.00	16.50	16.00	15.00	15.00

SUJETO 3

2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4.00	3.00	4.00	4.00	4.00
6.00	6.00	5.00	4.00	5.00
7.00	6.00	6.00	6.00	6.00
7.00	7.00	7.00	7.00	6.00
8.00	7.00	6.00	8.00	7.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
10.00	9.00	9.00	9.00	9.00
11.00	12.00	10.00	10.00	10.00
12.00	11.00	11.00	11.00	11.00
13.00	12.00	13.00	13.00	12.00
15.00	17.00	13.00	13.00	12.00
18.00	15.00	17.00	13.00	13.00
20.00	16.00	15.00	17.00	15.00
25.00	22.00	17.00	20.00	17.00

SUJETO 5

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.00	1.50	2.00	2.00	2.00
4.00	4.00	4.00	5.00	6.00
5.00	4.00	5.00	6.00	6.00
6.00	6.00	6.00	7.00	7.00
7.00	7.00	7.00	8.00	7.00
8.00	8.00	7.00	8.00	8.00
9.00	8.00	8.00	8.00	8.00
9.00	9.00	9.00	8.00	9.00
9.00	11.00	9.50	9.00	9.00
10.00	10.00	10.00	10.00	9.00
10.00	12.00	10.00	10.00	11.00
12.00	12.00	12.00	10.00	10.00
12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
14.00	14.00	14.00	12.00	14.00
16.00	16.00	16.00	15.00	14.00

SUJETO 4

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.00	1.00	2.00	2.00	2.00
2.00	2.00	2.00	3.00	2.00
4.00	3.00	4.00	3.00	3.00
5.00	5.00	4.00	4.00	5.00
8.00	7.00	5.00	6.00	6.00
6.00	8.00	8.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
9.00	10.00	9.00	9.00	9.00
10.00	9.00	9.00	9.00	10.00
11.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	9.00	10.00	10.00	10.00
10.00	12.00	12.00	12.00	12.00
12.00	10.00	12.00	12.00	13.00
15.00	12.00	16.00	15.00	16.00
15.00	16.00	16.00	16.00	16.00

SUJETO 6

2.00	2.00	1.00	2.00	1.50
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4.00	4.00	3.00	3.00	4.00
6.00	5.00	4.00	4.00	5.00
5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
8.00	7.00	7.00	7.00	7.00
8.00	7.00	8.00	8.00	8.00
9.00	8.00	9.00	9.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	11.00
12.00	12.00	12.00	11.00	13.00
13.00	15.00	15.00	15.00	13.00
15.00	16.00	16.00	16.00	16.00
16.00	16.00	18.00	17.00	18.00
17.00	18.00	18.00	18.00	20.00
19.00	20.00	20.00	22.00	23.00
20.00	21.00	24.00	23.00	24.00

SUJETO 7

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.00	4.00	2.00	2.00	2.00
4.00	4.00	4.00	3.00	3.00
6.00	6.00	4.00	4.00	4.00
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
6.00	7.00	7.00	7.00	7.00
7.00	7.00	8.00	8.00	8.00
11.00	9.00	8.00	8.00	8.00
9.00	10.00	9.00	8.00	8.00
12.00	12.00	10.00	9.00	9.00
10.00	12.00	9.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	14.00	10.00	12.00
14.00	12.00	12.00	10.00	12.00
12.00	12.00	14.00	13.00	13.00
14.00	14.00	14.00	12.00	14.00

SUJETO 9

1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4.00	4.00	5.00	4.00	5.00
5.00	5.00	5.00	5.00	6.00
5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
7.00	6.00	7.00	7.00	7.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
10.00	10.00	10.00	9.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
12.00	10.00	10.00	12.00	12.00
12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
15.00	12.00	12.00	13.00	13.00
14.00	13.00	12.00	15.00	15.00
16.00	15.00	15.00	15.00	15.00
16.00	15.00	16.00	16.00	16.00

SUJETO 8

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
5.00	4.00	4.00	4.00	4.00
5.00	5.00	4.00	6.00	5.00
6.00	7.00	5.00	6.00	7.00
7.00	8.00	8.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
10.00	9.00	9.00	7.00	8.00
9.00	10.00	10.00	9.00	10.00
11.00	10.00	10.00	10.00	13.00
12.00	15.00	12.00	14.00	14.00
15.00	15.00	14.00	15.00	12.00
15.00	16.00	15.00	16.00	16.00
16.00	17.00	16.00	16.00	16.00
15.00	16.00	17.00	18.00	18.00

SUJETO 10

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3.00	4.00	3.00	3.00	4.00
4.00	5.00	4.00	4.00	4.00
5.00	5.00	6.00	5.50	6.00
6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
7.50	7.00	8.00	6.00	8.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
9.00	8.00	8.00	9.00	8.00
9.50	9.00	9.00	10.00	9.00
10.00	10.00	10.00	10.00	9.00
10.00	10.00	10.00	10.00	11.00
12.00	13.00	12.00	12.00	10.00
12.00	13.00	12.00	12.00	10.00
16.00	16.00	15.00	14.00	12.00
16.00	16.00	16.00	16.00	15.00

## **ANEXO NUMERO 7:**

### **Instrucciones Experimento III:**

La prueba que tiene que realizar consiste en estimar la longitud de una serie de líneas verticales que se irán presentando sucesivamente en orden irregular. Delante de la presentación de cada una de estas líneas, podrá ver otra línea de referencia, cuya longitud le daré a conocer en cada ensayo, para que, a partir de ella, estime la longitud de la línea presentada en segundo lugar. La longitud de esta línea de referencia irá cambiando en cada ensayo y, a partir de ella, tiene que señalar primeramente si la longitud de la segunda línea es mayor, menor o igual; posteriormente estime su longitud en centímetros.

Un sonido le indicará el comienzo de cada ensayo.

**ANEXO NUMERO 8:** Para cada sujeto tenemos una matriz de datos de 10 filas y 10 columnas. Cada valor  $S_{ij}$  ( $i=10 ; j=10$ ) representa la estimación de la longitud del estímulo  $E(i)$  cuando se utiliza como estándar el estímulo  $E(j)$ . Así, por ejemplo, en el sujeto 1,  $S_{8,7} = 9.5$  es la estimación de la longitud del estímulo  $E(8)$  cuando se utiliza como estándar el estímulo  $E(7)$ . Las longitudes reales de los estímulos, en centímetros, son: 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 y 10.5 cms.

**DATOS BASICOS DEL EXPERIMENTO 3:**

**SUJETO 1**

6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.50	8.00
7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.50	7.50	7.00	8.00	8.00
7.00	7.50	7.50	7.50	7.00	8.00	8.00	7.50	8.00	8.00
8.00	7.50	6.50	8.00	8.00	7.00	8.50	8.00	8.00	9.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.50	8.50	9.00	9.50
8.50	9.00	9.00	8.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	9.50	9.00
9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50
9.50	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50

**SUJETO 2**

6.00	6.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00
7.00	6.50	6.00	6.50	6.50	6.50	6.00	7.00	7.50	7.00
7.50	7.00	7.50	6.50	8.00	7.00	7.00	8.00	7.00	8.00
7.50	7.00	8.00	7.50	8.00	8.00	7.00	7.50	7.50	8.00
8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.50	8.00
8.50	8.50	8.50	8.00	8.00	8.50	8.50	8.50	9.00	8.00
8.50	9.50	10.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	6.00	7.00
9.00	9.50	9.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	9.50
10.00	10.00	10.00	10.50	10.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50

**SUJETO 3**

7.00	6.50	6.50	6.50	7.00	7.50	6.50	8.00	6.00	6.00
7.00	7.00	6.50	7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	6.50
7.00	7.50	7.00	7.50	7.50	7.50	8.00	8.50	7.00	5.00
8.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	6.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.00	8.00	9.00	9.00
8.00	9.00	9.00	8.50	8.00	8.50	9.00	9.00	9.00	8.50
11.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50
10.00	9.50	9.00	10.50	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	11.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00
10.00	10.50	12.00	10.50	10.00	10.50	10.00	10.50	10.50	10.50

**SUJETO 4**

6.00	6.50	7.00	7.50	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00
6.00	6.50	7.00	7.50	5.00	5.00	6.00	7.00	6.00	6.00
7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	8.50	7.00	6.00	6.00	7.00
10.00	10.00	7.00	7.50	8.00	7.00	6.00	9.50	6.00	7.00
10.00	8.00	7.00	8.00	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	8.00
10.00	9.00	10.00	9.00	10.00	8.50	9.00	9.50	7.00	7.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
12.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	14.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.50
10.00	13.00	10.00	15.00	16.00	10.00	15.00	15.00	10.00	10.50

SUJETO 5

6.50	6.50	7.00	6.50	7.00	6.50	5.00	7.00	6.50	6.50
7.50	7.00	7.00	6.00	7.50	7.50	6.00	8.00	8.00	7.50
7.50	7.00	7.50	7.50	8.00	7.50	8.00	6.50	7.50	7.50
7.50	8.00	8.50	7.50	8.00	8.00	8.00	7.50	8.00	8.00
9.00	8.50	8.50	8.00	8.00	8.00	8.00	9.00	9.00	9.00
8.50	9.00	8.00	9.00	9.00	8.50	9.00	9.00	7.50	8.50
9.50	9.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.50	9.50	9.00
10.00	9.00	9.00	10.00	9.50	10.00	10.00	9.50	10.00	9.00
10.00	10.00	10.50	10.00	9.50	9.00	10.00	9.50	9.50	10.00
9.50	11.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	10.50

SUJETO 6

7.00	6.50	6.50	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	7.00
7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.50	7.00	6.00	7.50
7.00	8.00	7.00	7.50	7.50	7.50	7.00	7.00	7.50	8.00
8.00	8.00	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	7.00	7.50	8.00
9.00	8.50	9.00	8.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.00	5.00
8.50	9.00	8.50	9.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.50	9.00
10.00	9.00	10.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	9.00	9.00
9.00	9.50	9.00	9.00	10.00	9.00	10.00	9.50	8.00	10.00
9.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	10.00	10.50	10.50	10.50

SUJETO 7

6.00	5.00	6.00	6.50	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.50
7.00	6.50	6.00	6.00	7.00	6.00	7.00	5.00	5.00	6.00
7.00	7.50	7.00	7.50	7.00	6.00	6.50	7.00	6.00	7.00
7.00	8.50	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
7.00	8.50	9.00	7.50	8.00	7.00	9.00	7.00	8.00	7.50
8.00	8.50	9.00	8.50	8.00	8.50	9.00	8.00	8.00	8.00
9.00	9.00	9.00	8.00	9.00	10.00	9.00	8.00	9.00	8.50
9.00	10.00	10.00	10.50	10.00	10.50	10.00	9.50	10.00	8.00
10.50	10.50	10.00	10.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.50
10.50	10.50	10.50	10.00	10.50	10.00	10.50	9.50	10.00	10.50

SUJETO 8

7.00	6.50	7.00	6.50	6.00	6.00	5.00	5.50	5.00	6.00
8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	6.50	7.00	6.00	6.00	6.50
10.00	8.50	9.00	7.50	8.00	7.50	7.00	7.50	6.00	7.50
9.00	8.50	9.00	7.50	7.00	8.50	8.00	7.50	8.00	7.50
9.00	8.50	9.00	8.50	9.00	8.50	9.00	8.50	7.00	8.50
11.00	8.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	8.50	9.00	8.50
10.00	12.00	12.00	10.50	10.00	9.50	10.00	9.50	9.00	9.50
12.00	12.00	11.00	10.00	11.00	10.00	11.00	11.00	10.00	9.50
11.00	12.00	14.00	11.00	11.00	10.50	11.00	10.50	10.00	10.50
12.00	13.00	13.00	13.00	12.00	11.00	11.00	10.50	11.00	11.50

SUJETO 9

7.00	6.50	6.00	7.00	7.00	6.50	7.00	5.50	7.00	7.00
6.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	8.00	7.00	7.00	6.00
8.00	7.00	7.00	7.50	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00
7.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	9.50	8.00	8.00
9.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.50	8.00	8.50	10.00	8.50
8.00	8.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.50	9.00	7.00
9.50	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	8.50	9.50	10.00	10.00
9.00	8.50	10.00	9.00	9.50	9.50	9.50	10.00	10.00	10.50
10.00	9.50	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	9.50	11.00	10.50
10.50	10.50	10.00	10.50	9.50	10.00	10.50	10.50	11.00	11.00

SUJETO 10

7.00	6.00	6.50	6.00	6.50	7.00	6.50	6.50	6.00	7.00
7.00	6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	6.50	7.00	6.00	6.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	7.00	7.00	7.50
7.50	7.50	8.00	7.50	7.50	7.50	8.00	8.00	7.00	7.50
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	8.00	8.00
8.50	8.00	10.00	8.50	9.00	9.00	8.50	8.00	9.00	9.00
8.50	10.00	9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.00
10.00	9.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00
9.50	10.50	10.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.50
10.50	10.50	10.00	12.00	10.50	10.00	10.50	10.50	10.00	11.00

**ANEXO NUMERO 9:**

**Instrucciones Experimento IV:**

La prueba consiste en estimar la longitud de una serie de líneas verticales en función de otras dos iguales, cuya longitud utilizará como referencia. En cada ensayo verá tres líneas verticales con distintas localizaciones espaciales identificadas con las letras A, B y C de las cuales dos son siempre iguales y la tercera puede variar o no. Su tarea consiste en identificar, si existe, la línea de longitud diferente que puede encontrarse, indistintamente, en cualquiera de las tres posiciones A, B o C; posteriormente estime su longitud en centímetros a partir de las otras dos de referencia cuya longitud le daré a conocer y puede variar en cada ensayo.

Un sonido le indica el comienzo de cada ensayo.

ANEXO NUMERO 10: Para cada sujeto tenemos una matriz con tresbloques de datos de 10 filas y 10 columnas. Cada valor  $S_{ijk}$  ( $i=10; j=10; k=3$ ) representa la estimación de la longitud al estímulo  $E(i)$  que ocupa el lugar  $k$  (A, B, C) dentro de la tríada cuando se utiliza como estándar el par de estímulos  $E(j)$ . Así, por ejemplo, en el sujeto 1,  $S_{342} = 7.5$  es la estimación de la longitud al estímulo  $E(3)$  que ocupa el segundo lugar dentro de la tríada (posición B) cuando se utiliza como estándar el estímulo  $E(4)$ . Las longitudes reales son: 6,6.5,7,7.5,8,8.5,9,9.5,10,10.5 cms.

DATOS BASICOS DEL EXPERIMENTO 4:

SUJETO1

6.00	8.00	6.00	6.00	6.00	6.50	6.00	6.00	7.00	6.50
6.00	6.50	7.00	7.50	6.00	6.00	6.50	6.50	7.00	6.50
7.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.50	7.50	6.50	7.00	7.00
7.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	7.00	7.50	7.50	8.00
8.00	8.00	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	8.50	6.50	8.50
9.00	8.50	8.00	7.50	8.00	8.50	9.50	9.50	9.00	9.50
9.00	8.00	8.50	8.50	8.50	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	9.00	9.50	9.50	10.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
9.50	10.00	10.00	10.00	9.00	10.00	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.50	9.00	9.50	10.00	10.50
6.00	6.50	6.00	7.00	6.00	6.00	6.50	6.00	6.00	6.50
6.50	6.50	7.00	7.50	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.50
7.00	6.50	7.00	7.50	6.50	7.50	7.00	7.50	6.50	6.50
7.00	6.50	7.00	7.50	7.50	7.50	7.00	8.50	7.00	6.50
7.50	7.50	7.00	7.50	8.00	9.00	7.50	8.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	7.50	8.00	9.00	9.00	8.00	9.00	8.50
9.00	8.50	8.00	8.50	8.50	8.50	9.00	9.50	10.00	8.50
10.00	10.00	8.50	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	8.00	9.50	10.00	9.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.00
10.00	10.00	9.00	9.00	9.50	9.50	10.00	9.50	10.00	10.50
7.50	6.50	7.00	6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	6.50	7.00
6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.50	7.00	8.00	7.00	6.50
7.00	6.50	7.00	7.50	8.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.50
7.00	6.50	7.00	8.00	8.00	8.50	9.00	8.50	8.00	8.50
8.00	7.50	7.50	7.50	8.00	8.50	9.00	7.00	8.50	9.50
8.00	8.50	8.50	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	9.50
9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.50
9.50	10.00	9.00	9.50	10.00	9.50	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	9.00	10.00	9.50	9.50	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.50

SUJET02

6.00	6.00	7.00	6.50	6.50	6.50	6.50	6.00	5.00	6.50
6.00	6.50	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50
7.00	6.50	7.00	7.50	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	7.50
7.50	7.50	7.00	7.50	8.00	7.00	8.00	8.00	7.00	8.50
8.00	8.00	8.00	7.50	8.00	8.50	9.00	8.00	8.00	8.50
8.50	8.50	8.00	8.50	7.00	8.50	9.00	8.50	9.00	8.50
8.00	9.00	8.50	8.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	9.00
9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	9.50	9.00	9.50	10.00	10.50
9.00	9.00	10.00	9.00	9.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	10.50
6.00	6.50	6.00	6.00	6.50	6.50	6.00	6.00	6.50	6.00
6.50	6.50	7.00	6.50	7.00	6.50	7.00	7.50	7.00	7.00
7.50	6.50	7.00	7.50	7.00	7.00	8.00	8.00	6.50	7.00
8.00	7.50	7.00	7.50	8.00	7.50	8.00	7.50	8.00	7.00
7.50	7.50	7.00	7.50	8.00	6.00	8.00	8.00	8.00	8.50
9.00	8.00	8.00	9.00	8.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.00
8.50	10.00	8.00	8.50	7.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.00
9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.50	9.00	9.50	10.00	9.50
9.00	9.00	9.50	9.00	10.00	9.50	9.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	9.00	10.00	10.00	9.50	9.00	9.50	10.00	10.50
7.50	6.50	6.50	6.00	6.50	7.00	6.00	6.00	7.00	6.00
6.00	6.50	7.00	7.50	6.50	6.00	7.00	7.00	6.50	6.50
6.00	6.50	7.00	7.50	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	6.50
7.50	6.50	7.00	0.00	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.00	8.00
8.00	9.00	8.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	8.00	9.00
8.00	8.50	9.00	8.50	8.00	9.00	9.00	9.50	10.00	9.00
9.50	9.00	9.50	9.50	9.50	9.50	9.00	9.50	10.00	10.50
9.50	9.50	9.00	9.50	9.00	9.00	10.00	9.50	10.50	10.50
10.00	10.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.50

SUJET03

6.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.50	7.00	5.00	5.00	6.00
6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00
7.00	6.50	7.00	7.50	7.50	7.50	7.00	7.00	6.00	7.00
7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	8.50	7.50	8.00	8.00	8.50
7.50	7.50	7.50	7.50	8.00	8.50	8.50	8.50	8.00	8.50
8.00	8.00	8.50	8.50	8.50	8.50	10.00	9.00	9.00	10.00
8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	10.00	9.50
10.00	9.00	9.00	9.50	10.00	9.50	9.00	10.00	10.00	10.00
10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.50	10.00	10.00	10.50
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00
6.50	6.50	7.00	7.00	6.50	7.00	7.50	6.00	6.50	6.00
7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	6.50	7.50	7.00	7.00	7.00
7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	7.50	7.50	8.00	7.00	8.00
8.00	8.00	7.50	7.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.50	9.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.00
8.50	9.00	9.00	9.00	8.50	8.50	9.00	9.50	9.00	9.00
10.00	10.00	8.50	9.50	9.50	9.00	9.00	9.50	9.50	9.00
10.00	9.50	9.50	9.00	10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	9.50
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
7.50	6.50	6.00	6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00
6.00	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	7.00
7.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.50	7.00	7.50	8.00	8.00
8.00	7.00	7.50	0.00	8.00	8.50	8.00	8.00	8.00	9.00
8.00	7.50	8.00	8.00	8.00	8.50	8.00	8.50	9.00	9.00
8.50	8.50	8.50	8.00	8.50	8.50	9.00	9.50	9.00	9.00
9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	8.50	9.00	9.50	10.00	9.00
10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	9.50	10.00	10.50
10.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	10.50

## SUJET04

6.00	6.00	6.00	6.50	6.00	6.50	6.00	6.50	6.00	6.50
6.50	6.50	7.00	6.50	7.00	6.50	7.00	6.50	6.50	7.00
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	6.50	6.50	7.00
6.50	7.00	7.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.00	7.00	8.50
7.50	7.50	7.50	7.00	7.50	8.50	8.00	8.50	8.00	8.50
8.00	9.00	8.00	8.00	8.50	8.50	9.50	9.00	9.00	9.50
9.00	8.00	8.50	9.00	8.00	8.00	9.50	9.50	9.00	9.50
9.50	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	9.50	9.00	10.00	10.00
10.00	10.00	9.50	9.50	9.50	9.50	10.00	10.00	10.50	10.50
10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.50	6.00	6.50	6.00	6.00
6.00	7.00	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	7.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00
7.50	7.50	7.00	7.50	7.00	7.00	8.00	7.00	7.00	7.00
7.50	7.50	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	8.00	8.50
8.50	8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.50	8.50	8.00	8.00
8.50	8.50	8.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.00	9.00	8.50
9.00	9.50	8.50	8.50	9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.50
9.50	9.50	9.00	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	10.00	11.00
10.00	9.50	9.50	9.00	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.50
7.50	6.00	6.50	6.50	6.50	7.00	6.50	6.50	6.50	6.00
5.50	6.50	6.50	7.00	6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.00
6.50	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	7.50	8.50	7.00	7.00
7.50	7.50	7.50	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50
7.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.50	8.00	8.50	8.00	9.00
8.00	8.50	8.50	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00	9.00	8.50
8.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	9.50
9.50	10.00	9.00	9.00	9.50	9.50	9.50	9.00	9.50	10.00
9.50	9.50	9.50	9.00	9.50	9.00	10.00	10.00	9.50	10.50
9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.00	10.50	10.00

## SUJET05

6.00	6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	5.00	7.00
6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00
7.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.00	7.00	7.50	7.00	8.00
7.00	7.00	8.00	7.50	8.00	8.00	7.00	7.00	8.00	8.50
8.00	7.50	8.00	7.50	8.00	8.50	9.00	8.00	9.00	7.50
10.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	9.50	9.00	9.00
8.00	8.00	9.00	9.00	9.50	8.50	8.00	9.50	10.00	9.00
10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	9.50	10.00	10.50
9.00	9.00	10.00	9.00	10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	10.50
9.00	9.00	10.00	9.50	9.50	10.50	10.50	10.00	10.50	10.50
6.00	6.50	7.00	6.00	6.50	6.50	7.00	6.50	5.00	7.00
6.00	6.50	7.00	6.50	7.00	6.50	7.00	6.00	8.00	7.00
6.00	6.50	7.00	7.50	7.00	7.00	7.50	8.00	7.00	8.00
7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	7.00	7.50	8.00	6.00	8.00
7.50	7.50	7.00	7.50	8.00	8.00	7.00	7.50	8.00	8.50
7.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	8.00	8.00	9.00
8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	9.00	9.00
8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.50	9.00	9.50	10.00	9.00
9.00	9.50	9.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.50
8.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.50
7.50	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.50	7.00	7.00
6.00	6.50	7.00	7.50	6.00	6.00	7.00	7.50	8.00	5.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	8.00	8.00
7.50	7.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.00	7.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	7.50	8.50	8.50	8.00	8.00	9.00	8.00
8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.50	9.00	9.50	9.00	9.00
9.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	9.00
9.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.50
9.00	10.00	10.00	9.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50
9.00	9.00	10.50	9.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.50

SUJET06

6.00	5.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.50	6.00	5.00	7.00
6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.00	7.50	6.00	6.00	7.50
6.50	6.50	7.00	7.50	7.50	8.00	7.50	6.50	7.00	9.00
6.50	7.00	7.00	7.50	8.00	8.00	8.00	9.00	9.00	9.50
7.00	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00
10.00	7.00	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00	10.00
8.00	8.00	8.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00
7.50	8.00	8.50	8.00	8.50	8.00	9.00	9.50	10.00	10.50
7.50	8.00	8.50	8.50	9.50	9.00	9.50	9.50	10.00	10.50
8.00	9.00	8.50	9.00	8.50	9.50	9.50	9.50	10.00	10.50
6.00	6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	8.00	7.00	5.00	8.00
6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	7.50	8.00	9.00	8.00	8.50
6.50	6.50	7.00	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	8.00	8.50
6.50	7.00	7.50	7.50	8.00	8.50	8.00	9.00	8.00	9.00
7.00	7.00	7.50	7.50	8.00	8.50	8.50	9.00	8.50	10.00
7.50	7.00	7.50	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.50
7.50	8.00	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00	10.00	9.50
7.50	8.00	8.50	9.00	8.50	9.00	9.00	9.50	10.00	10.50
7.50	8.00	8.50	8.50	9.50	9.00	9.50	9.50	10.00	10.50
8.50	8.00	8.50	8.50	9.50	9.50	9.50	9.50	10.00	0.50
7.50	6.50	6.50	6.00	7.00	8.00	7.00	8.00	8.50	8.00
6.00	6.50	7.00	7.50	7.50	7.00	8.50	8.50	8.00	6.50
6.50	7.00	7.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00
6.50	7.00	7.50	8.00	8.00	9.00	8.50	7.00	8.00	9.50
6.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.50	8.50	8.50	9.50	8.50
7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	9.50	9.50	9.50
7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00
8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00
7.50	8.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.50	9.50	9.50	10.50
9.00	8.50	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00	10.00	10.00	10.50

SUJET07

6.00	5.00	5.50	6.00	6.50	6.50	6.00	5.00	5.50	6.00
6.00	6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	6.50	6.00	6.00	6.00
6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	8.00	8.00	7.00	6.00	7.00
7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	8.00	7.50	8.00	8.00	7.50
7.50	8.00	7.50	7.50	8.00	8.50	8.50	8.00	8.00	8.00
8.00	7.50	8.00	8.00	8.00	8.50	8.00	9.50	8.50	8.50
8.00	9.00	8.50	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	9.50
9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00
10.50	9.00	10.00	10.00	9.00	9.50	9.50	9.50	10.00	10.50
10.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	9.50	10.00	10.50
6.00	6.50	6.00	6.00	6.00	7.00	6.50	7.00	5.00	6.00
6.50	6.00	7.00	6.50	7.00	6.00	7.00	7.50	7.50	7.00
7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.50	8.00	6.00	7.50
7.00	7.00	7.50	7.50	8.00	7.50	8.00	8.00	7.00	8.00
8.00	7.50	8.00	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	8.00	8.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	8.50	9.00	9.50
9.00	9.00	8.50	9.00	9.00	8.50	9.00	9.00	9.00	9.50
9.00	9.00	9.00	9.00	9.50	9.50	9.00	9.50	10.00	9.50
10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	9.00
10.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50
7.50	5.50	6.00	6.00	6.50	7.00	6.00	6.50	6.00	5.00
6.00	6.50	6.50	7.00	6.50	6.00	7.50	7.00	5.00	6.00
6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00
7.00	7.00	7.00	8.00	7.50	7.00	7.50	7.00	7.00	8.50
7.50	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	8.50	8.00	8.50	9.00
8.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00	8.50	9.50
9.00	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.00	9.00	9.50	9.00
9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	10.00	10.00
10.00	9.00	10.00	9.50	9.50	10.00	9.50	9.50	10.00	10.50
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	10.50	10.00	10.50

SUJETOS

6.00	6.00	6.50	6.50	6.00	6.50	6.00	6.50	7.00	6.50
6.00	6.50	7.00	6.00	7.50	6.50	6.50	6.50	6.00	6.50
6.50	6.50	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	6.50	7.00	8.50
8.00	7.50	7.00	7.50	8.00	6.50	7.00	7.50	8.00	7.50
8.00	9.50	8.50	7.50	8.00	8.50	8.50	8.50	8.50	6.50
9.00	8.50	8.50	8.00	8.00	8.50	8.50	9.50	9.00	8.50
9.00	9.50	8.50	9.50	8.50	8.50	9.00	9.50	10.00	10.00
10.00	9.50	9.50	9.50	8.50	9.50	9.50	9.50	10.00	10.50
10.00	9.50	10.00	9.50	9.00	9.50	9.50	9.50	10.00	10.50
9.50	10.50	10.00	9.50	10.00	9.50	9.50	10.00	10.00	10.50

6.00	6.50	6.00	6.50	7.00	6.50	6.00	6.50	7.00	5.00
6.00	6.50	7.00	7.00	7.00	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
6.50	6.00	7.00	7.50	8.50	7.50	7.50	7.50	7.00	6.50
7.50	7.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.00	7.50	7.00	8.50
7.50	7.50	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	7.50	8.50	8.50
8.00	8.50	8.00	8.00	8.00	8.50	9.00	8.50	8.00	8.50
9.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.00	9.50	9.00	10.00
8.00	8.50	9.00	8.50	9.50	8.50	9.00	9.50	9.50	9.50
9.50	9.50	10.00	9.50	9.00	9.00	9.50	10.00	10.00	11.00
9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	10.50	10.00	10.50

7.50	6.50	6.50	6.50	6.00	6.50	6.00	6.50	6.50	6.50
6.00	6.50	7.00	7.00	7.00	6.50	7.00	6.50	6.00	7.50
6.50	6.50	7.00	6.50	7.50	6.50	7.50	7.00	7.50	7.50
7.00	7.50	7.50	6.00	8.00	8.00	8.00	8.50	8.00	8.50
8.50	7.50	7.50	7.50	8.00	8.50	8.50	7.50	9.00	8.50
8.50	9.50	8.50	8.50	8.00	8.50	9.00	8.50	8.50	8.50
9.50	9.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.00	9.50	10.00	9.50
9.00	9.50	10.00	8.50	9.00	9.50	9.00	9.50	10.50	10.50
10.00	9.50	10.00	9.50	9.50	9.00	9.50	10.00	10.00	10.50
10.00	9.50	10.00	10.50	10.00	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50

SUJETOS

6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00
6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	5.00	6.50	6.00	6.50
6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	6.00	7.50
7.00	7.50	8.00	7.50	7.00	8.00	7.50	6.50	8.00	6.50
8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	8.50	9.50	9.00	8.00	8.50
9.00	9.50	8.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.00	8.00	8.50
8.00	8.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.50	9.00
10.00	8.50	9.00	9.00	10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	11.00
10.00	8.50	10.50	10.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.50	10.50
10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	10.50

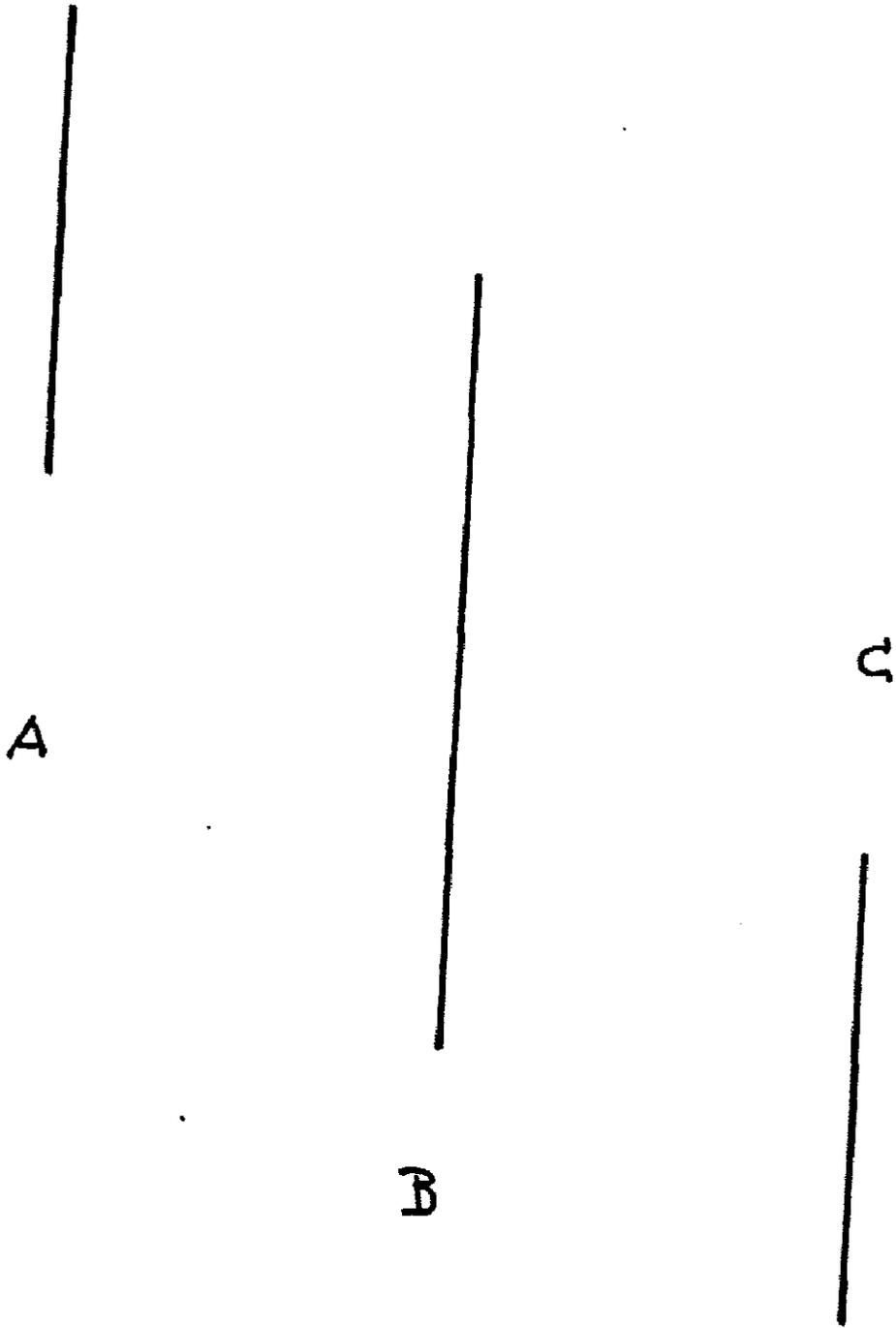
6.00	6.50	5.50	7.00	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00
6.50	6.50	6.50	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	6.00	7.00	6.00
7.50	7.50	7.00	7.50	7.50	8.00	7.00	8.00	7.00	8.00
8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.50
9.00	8.50	8.50	8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.00	8.50
10.00	8.00	9.00	9.00	8.50	8.50	9.00	9.00	9.50	9.00
9.00	8.50	7.50	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00
10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	9.50	10.50	9.00
10.00	10.50	9.00	10.00	10.00	9.50	9.50	9.50	10.00	11.50

7.50	6.50	6.00	6.00	7.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00
6.00	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	6.00	6.00	6.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	8.00	7.00	7.00	7.00
8.00	7.50	7.50	6.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00	7.50
8.50	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.50	9.00	9.00	8.00
8.50	9.00	9.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00
8.00	8.00	7.50	8.50	9.00	8.00	9.00	9.50	9.00	10.00
9.00	10.00	10.00	9.00	10.00	9.00	9.50	9.50	10.00	10.50
9.00	9.50	10.00	9.00	11.00	9.00	10.00	9.50	10.50	10.50
10.00	9.00	10.00	9.00	10.00	10.50	10.00	10.50	10.00	10.50

SUJET010

6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	6.00
6.50	6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	5.00	6.50	6.00	6.50
6.50	6.50	7.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	6.00	7.50
7.00	7.50	8.00	7.50	7.00	8.00	7.50	6.50	8.00	6.50
8.00	7.50	8.00	8.50	8.00	8.50	9.50	9.00	8.00	8.50
9.00	9.50	8.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.00	8.00	8.50
8.00	8.00	9.00	9.50	9.00	9.00	9.00	9.50	10.50	9.00
10.00	8.50	9.00	9.00	10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	11.00
10.00	8.50	10.50	10.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.50	10.50
10.00	10.00	9.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	10.50
6.00	6.50	5.50	7.00	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00
6.50	6.50	6.50	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	6.00	7.00	6.00
7.50	7.50	7.00	7.50	7.50	8.00	7.00	8.00	7.00	8.00
8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.50
9.00	8.50	8.50	8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.00	8.50
10.00	8.00	9.00	9.00	8.50	8.50	9.00	9.00	9.50	9.00
9.00	8.50	7.50	8.50	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00
10.00	9.00	10.00	9.50	10.00	9.50	10.00	9.50	10.50	9.00
10.00	10.50	9.00	10.00	10.00	9.50	9.50	9.50	10.00	11.50
7.50	6.50	6.00	6.00	7.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00
6.00	6.50	7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	6.00	6.00	6.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.50	8.00	8.00	7.00	7.00	7.00
8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00	7.50
8.50	8.00	7.50	7.50	8.00	8.50	8.50	9.00	9.00	8.00
8.50	9.00	9.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.50	9.50	10.00
8.00	8.00	7.50	8.50	9.00	8.00	9.00	9.50	9.00	10.00
9.00	10.00	10.00	9.00	10.00	9.00	9.50	9.50	10.00	10.50
9.00	9.50	10.00	9.00	11.00	9.00	10.00	9.50	10.50	10.50
10.00	9.00	10.00	9.00	10.00	10.50	10.00	10.50	10.00	10.50

ANEXO NUMERO 11: Modelo de triada utilizada como estímulo en el experimento IV.



REUNIDO, EN EL DIA DE LA FECHA, EL TRIBUNAL QUE SUSCRIBE, ACCORDO CONCEDER  
A PRESENTE TESIS DOCTORAL LA CALIFICACION DE APTO CUM LAUDE

MADRID, 11 DE MAYO DE 1989

EL PRESIDENTE,

J. RAFAEL SANMARTIN

EL SECRETARIO,

FDO: JUAN QUIETA

PRIMER VOCAL,

FDO: GREGORIO G. VARADO

SEGUNDO VOCAL,

FDO: MIGUEL PADILLA

TERCER VOCAL,

FDO: JOSE MARIA MERINO