

CONSIDERACIONES TEÓRICAS SOBRE LAS LEYES PSICOFÍSICAS

S. FONTES; A. I. FONTES

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

Resumen

La psicofísica estudia las relaciones entre el continuo físico y el psíquico.

Desde los primeros planteamientos de Weber, numerosos investigadores han tratado de hallar, mediante alguna función, la relación óptima entre estos dos continuos. Entre éstos destacan Fechner y Stevens.

Este trabajo presenta las teorías principales de estos tres autores y las relaciones existentes entre ellos.

Palabras clave: Leyes psicofísicas: Weber, Fechner, Stevens.

Abstract

Psychophysics studies the relationship between the physical and the psychological continua.

Since Weber (1795-1878) several researchers have tried to find the optimum fit for this relationship. The two main researchers in this field were Fechner and Stevens.

This paper presents the principal theories of these three authors and the existing relationships between them.

Key words: Psychophysical laws: Weber, Fechner, Stevens.

Introducción

El campo de la psicofísica es muy amplio y abarca todo lo que concierne a las relaciones de los estímulos físicos con las respuestas sensoriales.

Se ocupa del problema de la medida de fenómenos físicos y fenómenos psicológicos, tratando de relacionar la medida física de la estimulación con la medida de un fenómeno psicológico. Por un lado, podría tratar las relaciones entre la actividad cerebral y la sensación, y, por otro, consideraría las relaciones cuantitativas entre los estímulos ambientales y la sensación (Fernández Trespalacios, 1985). Esto último es lo que ha constituido estrictamente el tema de la psicofísica.

Citando a este autor, diremos que normalmente la psicofísica la dividen en psicofísica clásica o fechneriana y en la nueva psicofísica o de Stevens. *En la primera*, al estudiar las relaciones estímulo-sensación, se asume que la sensación y la respuesta sensorial, el juicio y la respuesta se corresponden. Así, el juicio que emite el sujeto sobre su experiencia sensorial coincide con el valor de su sensación. *En la segunda*, se estudia la relación sensación-juicio del receptor, estando el juicio determinado por el valor de la sensación y por la decisión del sujeto.

Podemos definir la función psicofísica como aquella que transforma el estímulo en una sensación mental (Tiberghien, 1984). Desde los primeros planteamientos de Weber, numerosos autores han tratado de hallar, mediante alguna función, la relación óptima entre el continuo físico y el psíquico. Entre éstos podemos destacar a Fechner y a Stevens. Como ambos parten, para la derivación de sus respectivas leyes psicofísicas, de la ley de Weber, incluiremos una breve explicación de esta ley antes de pasar a analizar las de Fechner y Stevens.

Ley de Weber

Ernest Heinrich Weber (1795-1878) fue uno de los primeros en hablar, desde el punto de vista científico, acerca de la diferencia entre el mundo físico y el psíquico. Consideró que a pesar de que la medición del estímulo no es equivalente a la medición psicológica real, se podrían aplicar leyes a la percepción psicológica de la misma forma que se aplican al mundo físico (Manning y Rosentock, 1968). Dos estímulos de la misma clase pueden ser discriminados si la diferencia entre ellos es proporcional a su magnitud. Así, para que un sujeto note un cambio de sensa-

ción, el estímulo físico tiene que aumentarse en una proporción constante de su magnitud real. A esto se le llamó ley de Weber y se expresó de la siguiente forma:

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

Donde E es la intensidad real del estímulo, ΔE sería el incremento del estímulo para una respuesta más intensa. K es una constante, que por ser distinta en cada modalidad sensorial, puede tomarse como un índice aproximado de la finura o de la sensibilidad discriminativa de los distintos sentidos. Se le llama constante de proporcionalidad o constante de Weber y es inversamente proporcional a la sensibilidad.

Esta ley estipula que los valores relativos de las diferencias justamente perceptibles (d.j.p.) de la intensidad de una sensación, medidas en términos físicos, son constantes a lo largo de todo el continuo dado (Tiberghien, 1984). Sin embargo, aunque a nivel teórico K podría ser considerada como un indicador de la sensibilidad sensorial, independientemente del continuo sensorial y de las unidades propias de él, en la práctica experimental sólo se cumple en los valores medios de la estimulación. En los extremos, K no es constante. Así, en los valores cercanos al umbral absoluto inferior, el incremento del estímulo crece en mayor proporción que el estímulo (Fernández Trespalacios, 1985). Por último, en algunos casos, como en la estimación de la frecuencia sonora, esta ley no se cumple en la mayoría de los valores estudiados (Tiberghien, 1984). Esto ha dado lugar a que algunos psicofísicos como Fullerton y Cattell (1892), Guilford (1932), Cobb (1932) y Miller (1947), hayan intentado desarrollar una ley psicofísica más universal que la de Weber.

A pesar de no poder considerarse esta ley como universal, no podemos restarle importancia ya que supone una de las primeras posibilidades de estudiar la percepción humana con métodos científicos (Baird y Noma, 1978). Permite, al no depender el cociente de la unidad de medida, comparar entre sí dos continuos sensoriales diferentes (Ponsoda, 1986). Proporciona un índice válido de la sensibilidad relativa de cada canal sensorial y Fechner la asume para deducir su función logarítmica (Baird y Noma, 1978).

Ley de Fechner

Uno de los orígenes de la psicología científica se encuentra en el libro *Elemente der Psychophysik*, publicado en 1860 por Gustav Theodor Fechner.

Su teoría psicofísica se basa en un postulado, llamado postulado de Fechner, y en una ley empírica llamada ley de Weber. Los dos representan una ampliación del concepto de fortuna moral analizado por Bernouilli (Tiberghien, 1984).

Su postulado afirma que el incremento de sensación, ΔS , que el observador experimenta cuando el

nivel del estímulo se incrementa en una cantidad igual al umbral diferencial, es la unidad de sensación y será constante. A ΔS se le llamaría diferencia apenas perceptible (d.a.p.) o diferencia justamente perceptible (d.j.p.), siendo una sensación grande la suma de muchas sensaciones pequeñas.

La ley de Weber, como ya mencionamos, considera que los valores relativos de las d.j.p. de la intensidad de una sensación, medidos en términos físicos, son constantes a lo largo de todo el continuo estudiado.

Teniendo en cuenta los dos puntos anteriores, Fechner deduce su ley de la siguiente forma:

Postulado de Fechner: $\Delta S = c$.

Ley de Weber:

$$\frac{\Delta E}{E} = K \Leftrightarrow \Delta E = KE$$

— Dividiendo las dos ecuaciones, tenemos:

$$\frac{\Delta S}{\Delta E} = \frac{c}{KE}$$

de donde:

$$\Delta S = \frac{c\Delta E}{KE}$$

o lo que es lo mismo:

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

— Si decimos que

$$\frac{c}{K} = C$$

tenemos:

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

Si aplicamos a lo anterior el principio matemático auxiliar (lo que es válido para incrementos finitos, ΔE y ΔS , también lo es para incrementos infinitesimales, dE y dS) nos da que:

$$dS = C \frac{dE}{E}$$

Ahora bien, si tenemos en cuenta que a la sensación S_0 le corresponde la intensidad, E_0 , e integramos la ecuación anterior:

$$\int_{S_0}^{S_j} dS = C \int_{E_0}^{E_j} \frac{dE}{E}$$

cuyo resultado es

$$[S]_{S_0}^{S_j} = C[\ln E]_{E_0}^{E_j}$$

luego:

$$S_j - S_0 = C \ln \frac{E_j}{E_0}$$

$$S_j = C \ln \frac{E_j}{E_0} + S_0$$

$$S_j = C \ln E_j - (C \ln E_0 - S_0)$$

Si llamamos K a $-(C \ln E_0 - S_0)$ tenemos que

$$S_j = K + C \ln E_j$$

Generalizando,

$$S = K + C \ln E$$

De todo lo anteriormente indicado se desprende que la ley psicofísica de Fechner es una función logarítmica, queriendo ello decir que mientras el estímulo aumenta en progresión geométrica, la sensación lo hace en progresión aritmética. Produciendo razones iguales entre estímulos, obtendremos intervalos iguales en la sensación (Marks, 1974).

Esta ley es una medida indirecta y acumulativa. Es *indirecta* porque mide la sensibilidad a través de las unidades de la escala física con la que se mide el estímulo. Este hecho ha sido criticado por algunos autores, argumentando que establece una relación entre dos entidades que no son iguales. Otros van más allá y consideran que la sensación, al no poseer magnitud física, no puede ser medida; e incluso otros como Cadwallader (1979) y Garriga (1985) se cuestionan si el espacio subjetivo posee la misma métrica euclidiana que el espacio físico.

Es *acumulativa*, porque la sensación se cuantificaría por la acumulación de diferencias justamente perceptibles, relacionadas mediante esta ley, con una escala física. Esto ha sido duramente criticado utilizando dos argumentos: uno es el que considera que, a nivel subjetivo, sólo existen saltos cualitativos y por tanto una sensación grande es una experiencia nueva y no la suma de muchas sensaciones pequeñas (De Castro, 1982). La otra está relacionada con las d.j.p. y en concreto con su variabilidad tanto a nivel intra como interindividual. Es decir, no es una unidad fija sino que puede variar dependiendo de algunos factores como la sensibilidad del organismo, la actitud del sujeto y los errores de medida (Green y Swets, 1966).

Hoy día esta ley no puede considerarse como una afirmación exacta sobre la relación entre la intensidad del estímulo y la magnitud de la sensación (Gescheider, 1985); y sólo tiene validez, igual que la de Weber, en la gama media de los valores del estímulo.

A pesar de estas críticas, la importancia de su obra es incuestionable. Desde el punto de vista teórico, fue uno de los primeros en establecer una relación matemática entre el continuo físico y el psíquico. En el plano metodológico, supone la aparición de los primeros métodos cuantitativos de medida en psicofísica.

Ley de Stevens

Stevens interpreta la ley de Weber de igual forma a como lo hacía Fechner. Además considera que las

diferencias justamente perceptibles son proporcionales a la magnitud de la sensación. De esta forma, el cambio en la sensación no sería constante para todas las sensaciones, sino proporcional a ella. Lo que ahora se considera constante es la fracción entre la relación del incremento de la sensación y ésta y el incremento del estímulo y el estímulo (Fernández Trespalacios, 1985).

$$\frac{\frac{\Delta S}{S}}{\frac{\Delta E}{E}} = K, \text{ donde } \frac{\Delta S}{S} = K \frac{\Delta E}{E}$$

— Aplicando el principio matemático auxiliar tenemos:

$$\frac{dS}{S} = K \frac{dE}{E}$$

— Integrando con límites de integración:

$$\int_{S_0}^{S_j} \frac{dS}{S} = K \int_{E_0}^{E_j} \frac{dE}{E}$$

$$\ln S_j - \ln S_0 = K (\ln E_j - \ln E_0)$$

— De lo cual obtenemos:

$$\frac{S_j}{S_0} = \frac{E_j^k}{E_0^k} \rightarrow S_j = S_0 \frac{E_j^k}{E_0^k}$$

Como $\frac{S_0}{E_0^k}$ es un valor constante porque se refiere

a los valores del estímulo y de la sensación en el umbral absoluto:

$$S_j = C \cdot E_j^k$$

y generalizando:

$$S = C \cdot E^k$$

Cuando el valor de K es la unidad, la función potencial se convierte en una función lineal:

$$S = C \cdot E$$

La ley de Stevens es una función potencial, reflejando su exponente el índice de aumento a lo largo de la escala física y de la escala subjetiva. De forma que razones iguales entre los estímulos producen razones iguales entre las respuestas. Tiene K el mismo papel que el que desempeñaba la constante en la fracción de Weber. Es decir, es un índice de la sensibilidad perceptiva para cada modalidad sensorial (Baird y Noma, 1978; Da Silva, Dos Santos y Da Silva, 1983), y es directamente proporcional a la sensibilidad del sujeto (Garriga, 1985). Cuando su valor es más pequeño que la unidad, la sensación crece más lentamente que el valor del estímulo y la función es negativamente acelerada. En el caso de ser el exponente igual que la unidad, se obtendría la función normal de proporcionalidad, convirtiéndose esta función en una función lineal (Da Silva y otros, 1983), siendo el aumento de la sensación proporcional al aumento del estímulo. Por último, si su valor

es mayor que la unidad, tendríamos una función positivamente acelerada, donde la sensación crecería más rápidamente que el estímulo.

Según afirmaba Stevens en 1951, la estimación psicofísica sería una función que dependería solamente del estímulo, existiendo un exponente invariante y característico de cada continuo sensorial (Mackenna, 1985). Pero la mayoría de los estudios psicofísicos posteriores sugieren que la relación entre el estímulo y la respuesta se ve afectada por otros factores diferentes al propio estímulo; y que, incluso dentro de la misma modalidad sensorial, pueden existir exponentes con distintos valores. Entre estos factores podemos señalar: la amplitud del conjunto de estímulos, la presentación o no del estándar, la magnitud del estímulo estándar, el tipo de instrucciones, la unidad de medida, el método psicofísico utilizado y las diferencias individuales.

De lo comentado anteriormente se desprenden algunas de las críticas a la ley de Stevens, en concreto la relacionada con su universalidad. Los argumentos que la apoyan se refieren a las distintas variables que pueden afectar a su exponente y al no cumplimiento, en todos los casos, de esta ley. Ya hemos comentado que está sujeta a muchos factores de contexto, que podrían afectar tanto a la codificación subjetiva del estímulo como a la forma de respuesta que da el sujeto (Mackenna, 1985; Weiss, 1981). A pesar de que, desde una simple consideración descriptiva de la función potencial se puede esperar un buen ajuste en la mayoría de las funciones monotónicas, e incluso este ajuste puede mejorarse espaciando los valores del estímulo (Weiss, 1981), la evidencia empírica sugiere que esta ley no siempre se cumple (Hood y Finkelstein, 1979; Ross y Di Lollo, 1970). Otros autores piensan que mientras que los datos grupales se ajustan a una función potencial, los individuales no se ajustan o su ajuste es muy pobre (Friedes y Phillips, 1966; Pradhan y Hoffman, 1963). Que sólo se cumple cuando se utilizan los métodos psicofísicos directos (Ekman y Sjöberg, 1965). Finalmente, otros sugieren que cuando el valor del estímulo se aproxima al umbral absoluto y cuando el órgano sensorial no está en un estado de adaptación o presenta ruido sensorial, los datos se desvían de los predichos por esta ley (Atkinson, 1982). Por todo lo anterior, algunos investigadores como Ekman (1959), Lochner y Burger (1961), Baird y Stein (1970) y Atkinson (1982), proponen algunas variaciones.

Tampoco existen razones convincentes para pensar que los métodos directos miden la sensación (Mackenna, 1985). Incluso algunos, como Zuriff (1972), consideran que la psicofísica se basa en la falacia de que la sensación puede ser medida, cuando lo cierto es que no puede ser observada en un experimento. Sin embargo, «Stevens dice que si la sensación evocada por un estímulo es un suceso fenomenológico que implica una experiencia consciente, entonces el juicio del sujeto sí se puede tomar como medida de ella» (Garriga, 1985, pág. 136). De todas formas, aunque la distinción entre un continuo físico y su correspondiente continuo psicológico

pueda ser discutida como fútil y errónea, ha servido, a los psicofísicos, para poder separar el estímulo del efecto que provoca en el sistema sensorial (Gescheider, 1985).

A pesar de estas críticas creemos que la ley de Stevens es una de las que aportan mayor evidencia empírica y dentro del campo psicológico es de las que mejor fundadas están (Garriga, 1985).

Aunque a nivel psicológico supuso una renovación, hoy día es cuestionable afirmar que sea la verdadera ley psicofísica. Las razones de ello se pueden resumir en tres puntos:

1. La ley de Stevens está muy próxima a la de Fechner cuando el valor de su exponente es más pequeño que la unidad (Ekman, 1964).
2. Su teoría subestima los efectos de contexto y la importancia de las diferencias individuales (Tiberghien, 1984).
3. Asume la metricidad del espacio perceptivo y no está claro que este espacio siga la métrica euclidiana (Cadwallader, 1979).

Conclusión

La psicofísica se ocupa principalmente del estudio de las relaciones entre la intensidad del estímulo y la magnitud de la sensación.

Tanto la función lineal como la logarítmica están relacionadas con la potencial. La logarítmica está próxima a ésta cuando el valor del exponente es más pequeño que la unidad. Cuando éste vale la unidad, la función potencial se convierte en la función de variación directa. Por último, como Stevens y Fechner parten de la ley de Weber, tienen el mismo problema: sus leyes no se cumplen cuando el valor del estímulo está cerca del umbral absoluto y cuando es muy grande.

Referencias

- Atkinson, W. H. (1982). A general equation for sensory magnitude. *Perception and Psychophysics*, 31 (1), 26-40.
- Baird, J. C. y Noma, E. (1978). *Fundamentals of Scaling and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Baird, J. C. y Stein, T. (1970). When power functions fail: A theoretical explanation. *Perceptual and Motor Skills*, 30, 415-425.
- Cadwallader, M. (1979). Problems in cognitive distance, implications for cognitive mapping. *Environment and Behavior*, 11, 559-576.
- Cobb, P. W. (1932). Weber's law and the fechnerian muddle. *Psychological Review*, 39, 225-233.
- Da Silva, J. A., Dos Santos, R. A. y Da Silva, C. B. (1983). Análise psicofísica do espaço visual-teoria e pesquisa: Tributo a S. S. Stevens. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 35, 3-53.
- De Castro, C. (1982). La medición en psicología: perspectiva psicofísica. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 37 (4), 647-673.

- Ekman, G. (1959). Weber's law and related functions. *Journal of Psychology*, 47, 343-352.
- Erman, G. (1964). Is the power law a especial case of Fechner's law? *Perceptual and Motor Skills*, 19, 730.
- Ekman, G. y Sjöberg, L. (1965). Scaling. *Annual Review of Psychology*, 16, 451-474.
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*. Leipzig: Breitkopf y Härtel.
- Fernández Trespalacios, J. L. (1985). *Psicología General 1*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Friedes, D. y Phillips, P. (1966). Power law fits to magnitude estimates of groups and individuals. *Psychonomic Science*, 5, 367-368.
- Fullerton, G. S. y Catell, J. McK. (1892). *On the Perception of Small Differences*. Philadelphia: Univ. of Pennsylvania Press.
- Garriga, A. J. (1985). *Función psicofísica y medida de la sensibilidad olfativa*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Autónoma de Madrid.
- Gescheider, G. A. (1985). *Psychophysics, Method, Theory, and Application*. London: Lea.
- Green, D. M. y Swets, J. A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Guilford, J. P. (1932). A generalized psychophysical law. *Psychological Review*, 39, 73-85.
- Hood, D. y Finkelstein, M. A. (1979). Comparison of changes in sensitivity and sensation: Implications for the response intensity of the human photopic system. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 391-405.
- Lochner, J. P. A. y Burger, J. F. (1961). Form of loudness function in the presence of masking noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 33, 1705-1707.
- MacKenna, F. P. (1985). Another look at the «New Psychophysics». *British Journal of Psychology*, 76, 97-109.
- Manning, S. A. y Rosenstock, E. H. (1968). *Classical Psychophysics and Scaling*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Marks, L. (1974). *Sensory Processes: The New Psychophysics*. New York: Academic Press.
- Miller, G. A. (1947). Sensitivity to changes in the intensity of white and its relation to loudness and masking. *Journal of the Acoustical Society of America*, 19, 609-619.
- Ponsoda, V. (1986). *Iniciación a la Psicología Matemática*. Madrid: Universidad Autónoma.
- Pradhan, P. L. y Hoffman, P. J. (1963). Effect of spacing and range of stimuli on magnitude estimation judgments. *Journal of Experimental Psychology*, 66, 533-541.
- Ross, J. y Di Lollo, V. (1970). A consistent failure of the power law for lifted weight. *Perception and Psychophysics*, 8, 289-290.
- Stevens, S. S. (1951). Mathematics, measurement and psychophysics. En S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of Experimental Psychology*, 1-49. New York: Wiley.
- Tiberghien, G. (1984). *Initiation à la Psychophysique*. Paris: PUF.
- Weis, D. S. (1981). The impossible dream of Fechner and Stevens. *Perception*, 10, 431-434.
- Zuriff, G. E. (1972). A behavioral interpretation of psychophysical scaling. *Behaviorism*, 1, 113-118.