
TEMA: INTRODUCCION A LA PSICOFÍSICA

Autor: J. Antonio Aznar Casanova

1. PSICOFISICA: CONCEPTO Y OBJETIVO
2. EL MODELO DE LA PSICOFISICA CLASICA
 - 2.1 LA PERCEPCION COMO UN PROBLEMA INVERSO
 - 2.2 LA PSICOFISICA: ENTRE LO OBJETIVO Y LO SUBJETIVO
3. ERNST HEINRICH WEBER
4. GUSTAV THEODOR FECHNER (1801-1877)
5. CRITICAS A LA PSICOFISICA CLASICA
6. LOS METODOS DE LA PSICOFISICA CLASICA O METODOS INDIRECTOS
7. DE LA PSICOFISICA CLASICA A LA CONTEMPORANEA
 - 7.1 INTERPRETACION DE LAS FUNCIONES PSICOMETRICAS
8. LOS METODOS PSICOFISICOS DIRECTOS O ESCALAS PSICOFISICAS
9. AJUSTE DE DATOS EMPIRICOS A LA LEY POTENCIAL DE STEVENS
10. LA TEORIA DE LA DETECCION DE SEÑALES (TDS)
 - 10.1 LAS CURVAS COR (curva Característica Operativa del Receptor)
11. LA PSICOFISICA DE ORDEN SUPERIOR DE J.J.GIBSON

*

*

*

LA PSICOFISICA

1. PSICOFISICA: CONCEPTO Y OBJETIVO

Anteriormente a la utilización de la introspección analítica y formal como método de la psicología experimental, apareció la psicofísica con el fin de estudiar las relaciones entre lo físico y lo psíquico, introduciéndose de este modo la medición en psicología. La paternidad indiscutible de esta metodología corresponde a E.H. Weber (1795-1878) y a G.T. Fechner (1801-1887) y, sin duda, la obra fundacional de la psicofísica clásica es "*Elementos de la psicofísica*", publicada por Fechner en 1860.

Los antecedentes próximos se hallan en la obra de ciertos matemáticos del siglo XVIII, tales como Kramer, quien en 1728 sostuvo que las sensaciones se hallan en relación cuadrática con sus fuentes de estimulación.

La psicofísica ha sido definida como "una parte de la psicología experimental que investiga las correlaciones y regularidades entre la intensidad y la calidad del estímulo, por una parte, y la percepción y los juicios acerca de ella, por otra; es decir, investiga la vida de relación del organismo (especialmente el humano) con su medio físico concreto y los juicios que forma el hombre acerca de estas percepciones" (Mankeliunas, 1980).

El problema central de la psicofísica es el de establecer las relaciones cuantitativas existentes entre la presentación del estímulo (input sensorial) y la magnitud de la reacción (output) por parte del organismo afectado. La investigación de estas relaciones (input-output) hizo inevitable el desarrollo de una variada y precisa metodología, que permitiera abordar experimentalmente los aspectos implicados en el proceso perceptivo. Posteriormente, estos procedimientos fueron aplicados a otros contextos de la psicología, por ejemplo, a la elaboración de escalas de actitudes, de intereses, etc. En este sentido, es preciso reconocer a la psicofísica el mérito de haber abordado científicamente algunos problemas relativos a la percepción, sustituyendo la especulación metafísica, predominante en aquella época, por la búsqueda de relaciones funcionales entre lo físico y lo psíquico.

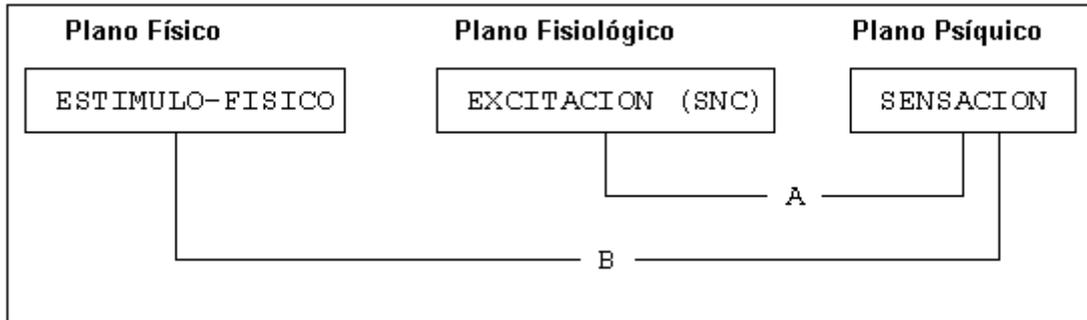
Como señala Day (1969), los métodos psicofísicos representan un vehículo de investigación, de manera precisa, que permite cuantificar cuatro tipos básicos de comportamientos perceptivos: la detección, la discriminación, el reconocimiento y la estimación. En la actualidad, la psicofísica tiene como objetivo estudiar los procesos que median de lo objetivo a lo subjetivo, de lo físico a lo psíquico. En otros términos, el objetivo de la Psicofísica es el estudio de las relaciones entre los estímulos físicos y las sensaciones psicológicas que suscitan.

2. EL MODELO DE LA PSICOFISICA CLASICA

Siguiendo a Mankeliunas (1980), conviene diferenciar el modelo físico, al que recurrió Fechner en su psicofísica,

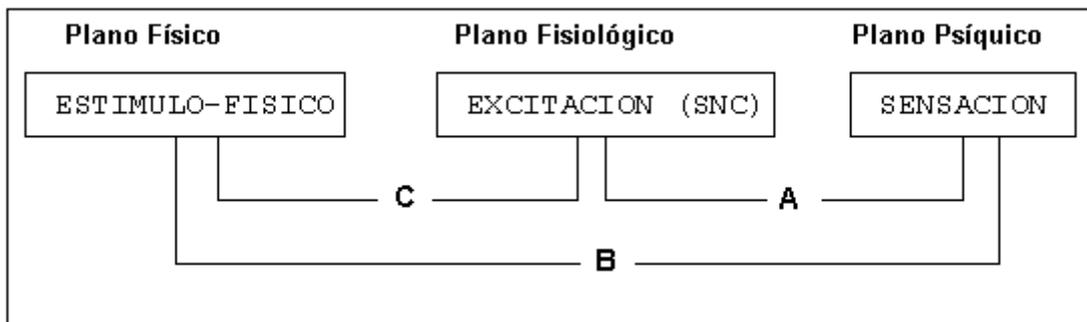
de otros modelos como el fisiológico o el cibernético.

El modelo físico expresa una relación lineal y se esquematiza del modo siguiente:



En el que A señala las relaciones funcionales directas de cuyo estudio se ocuparía la psicofísica interna, mientras que B indica las relaciones funcionales indirectas estudiadas por la psicofísica externa desarrollada por Fechner.

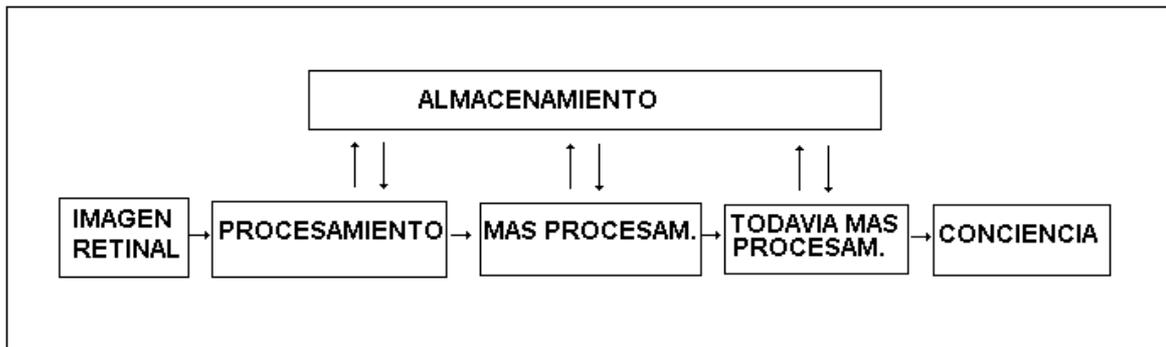
El modelo actual es más completo (multidimensional), ya que en él se relacionan todos los factores que intervienen en la percepción del estímulo. Gráficamente se representa así:



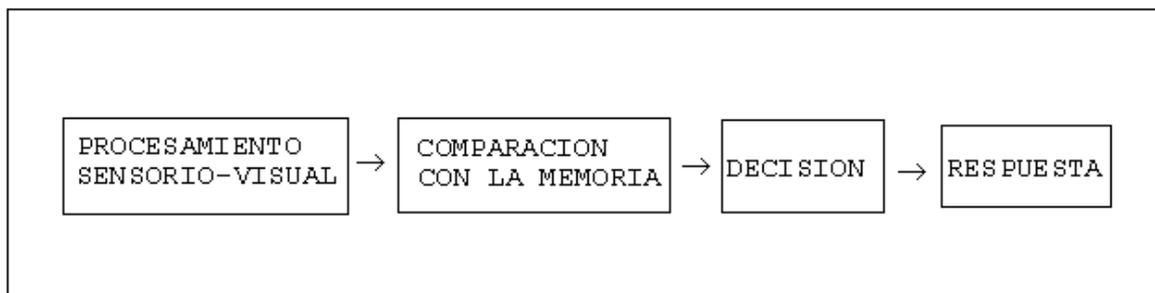
En este modelo a cada relación le correspondería las siguientes disciplinas:

- a) Fisiología, b) Psicofísica pura y c) Interdisciplinar (Físicos y Fisiólogos).

Los modelos cibernéticos, o de Procesamiento de Información, consisten en una representación formal de los factores intervinientes entre la emisión de la información, su codificación y las respuestas adaptativas del organismo. Un ejemplo de estos lo constituye el modelo lineal de P.I, que Neisser caricaturiza de este modo:



Por otra parte Crowder (1982) postula una serie de estadios de procesamiento de información, que deben intervenir necesariamente para hacer posible el reconocimiento de patrones. Estos, representados esquemáticamente son:



2.1 LA PERCEPCION COMO UN PROBLEMA INVERSO

El Sistema Visual (SV) se ha especializado en captar dos tipos de información sobre el entorno que nos rodea: a) Qué objetos hay (*What system or Object recognition system*); y b) Dónde están ubicados (*Where system or Spatial localization System*). El proceso de la percepción visual comienza con la captación de un par de imágenes retinales. No obstante, el estudio de la percepción se aborda desde un doble enfoque. Uno de ellos parte de la captación del estímulo físico (distal) por las células fotorreceptoras de la retina y, a partir de estos datos sensoriales trata de interpretar, dar significado, reconocer, identificar, etc., lo que hay en el mundo exterior. Así planteada, la percepción consiste en resolver un problema de internalización, de “fuera hacia adentro” (*forward problem*). En otras palabras, desde el enfoque de la neurofisiología sensorial se trata de explicar cómo, mediante que procesos y patrones de actividad neural damos significado al contenido de la imagen real que capta instantáneas del mundo. Así, “metemos el mundo dentro del cerebro”, es decir, formamos representaciones mentales de lo que hay ahí fuera. Alternativamente, desde el enfoque psicofísico algunos investigadores (por ejem., Pizlo, 2001) intentan explicar las relaciones entre la experiencia perceptiva (sensaciones y percepciones) y la energía física que las provoca (lo que hay ahí fuera, en el mundo exterior). Es decir, se concibe como un proceso de externalización, estableciendo una correspondencia psico-física. Este es un enfoque del estudio de la percepción como problema inverso (*reverse-problem*), ya que el proceso trata de

relacionar el correlato neural de la sensación, subjetivamente valorado por el perceptor con la intensidad de la energía física del estímulo. No obstante hay dos problemas que aumentan la dificultad de este enfoque en dirección inversa (de dentro, la sensación, hacia afuera el estímulo que la desencadena): 1) la inherente ambigüedad de la imagen retinal, y 2) la constancia perceptiva. Estas dos cuestiones se trataran en otro tema.

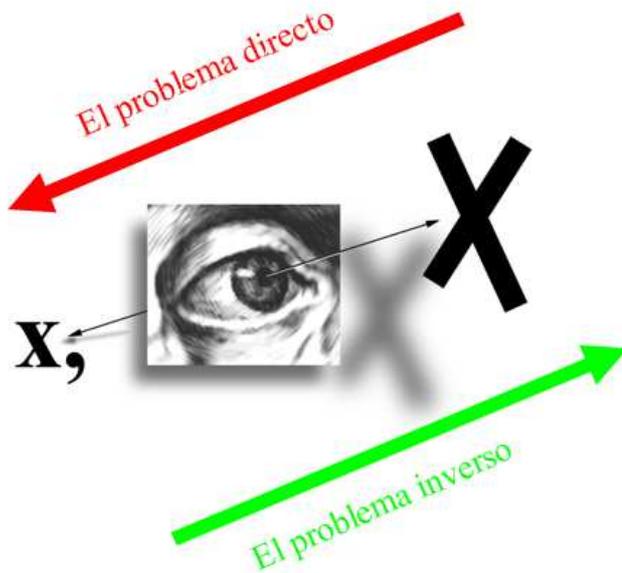


Figura .- ilustración que sugiere los dos abordajes del estudio de la percepción.

2.2 LA PSICOFISICA: ENTRE LO OBJETIVO Y LO SUBJETIVO

Desde la Ontología (rama de la Filosofía) se estudia el SER, la existencia. ¿Existe la subjetividad? ¿Tiene existencia algo que es subjetivo o solo existe lo objetivo? ¿Existe el dolor? ¿y el miedo? ¿nos podemos sentir helados de frío ó asados de calor? ¿existe la rojez ó el verdor? ¿y el dulzor ó el sabor amargo? ¿y el aroma a limosnes salvajes del caribe ó el olor pestilente a mofeta? ¿y el sonido melodioso del trinar del jilguero ó el estremecedor chirrido de la guillotina?

Decía Thordike (1918), "si alguna cosa existe, ella existe en cierta cantidad y puede ser medida. Delimitar la intensidad de una sensación, como por ejemplo el dolor, es el primer paso para estudiar científicamente el grado en que un tratamiento ayuda a aliviarlo. La Ciencia empieza donde comienza la posibilidad de medir el objeto de estudio de forma estable y consistente. Esto es se hace Ciencia cuando un fenómeno se puede medir o cuantificar. La cuestión capital es, puesto que las sensaciones son subjetivas, ¿se pueden medir las sensaciones, en particular y las funciones del psiquismo en general?

Hasta mediados del siglo XIX, la Psicología era considerada por la comunidad científica una rama de la Filosofía. La razón principal que se aducía para ello era que la subjetividad no se podía medir de forma consistente y estable. ¿Cómo se iba a hacer Ciencia sería con una medición tipo “regla de goma” en la que las unidades de medida cambiaban, de sujeto a sujeto e, incluso, en un mismo sujeto, de momento a momento.

El problema psicofísico consiste en explicar cómo se conectan procesos físicos y fisiológicos con experiencias sensoriales de diversas modalidades (cualidades sensoriales) y de diversa intensidad (cantidad sensorial).

Pongamos un ejemplo que ilustra esta creencia. Von Frey colocó tres cubos de agua delante de un sujeto: uno, a la izquierda, con agua caliente (38°), otro en el centro con agua templada (24°) y otro a la derecha con agua fría (10°). Cuando algo quema, ¡es porque está caliente! Cuando tiritamos, ¡es porque hace frío! ¿Es fácil reconocer lo caliente y lo frío? ¿Dónde está la línea divisoria entre frío-caliente para cada persona? Incluso esta frontera puede cambiar según el estado de adaptación sensorial precedente.

Von Frey pidió a una persona sumergir su mano derecha en el cubo de agua fría (10°) y su mano izquierda en el cubo de agua caliente (38°) durante un minuto. Le preguntó: ¿cómo está el agua que toca tu mano derecha? Y respondió el sujeto: está fría. Bien pues ahora, introduce esa mano derecha en este cubo de en medio y dime ahora: ¿cómo está el agua? Y respondió el sujeto: está caliente (recordemos que el cubo central contiene agua a 24°). Seguidamente, le preguntó: ¿cómo está el agua que toca tu mano izquierda? Y respondió el sujeto: está caliente. Bien pues ahora, introduce esa mano izquierda en este cubo de en medio y dime ahora: ¿cómo está el agua? Y respondió el sujeto: está fría (recordemos que el cubo central contiene agua a 24°). *¿Cómo es posible que el agua del cubo central (15°) para un mismo sujeto esté fría en un momento y caliente, poco después?*

A nadie sorprendía que no se pudiese hacer Ciencia con rigor en una disciplina (la Psicología) que trata con la subjetividad, las sensaciones, las percepciones, etc.

Los receptores nerviosos sensibles al calor de nuestras manos (corpúsculos de Meissner) informan al cerebro sobre la temperatura con respecto a una referencia (tal vez el estado de adaptación anterior). Así, si sumergimos primero la mano en el agua fría, la tibia nos parece caliente, y a la inversa, al salir del agua caliente, todo nos parece más frío. En otras palabras, somos sensibles a cambios relativos y no a cambios absolutos y esto es lo que pusieron de manifiesto los primeros experimentadores en el campo de la sensación que, dicho sea de paso, fueron un fisiólogo (Weber) y un físico (Fechner), a quienes muchos consideramos los padres intelectuales de la psicología científica.

No obstante, conviene establecer una distinción entre la psicofísica clásica, en donde se produce una correspondencia entre el continuo estimular (físico) y el continuo de respuesta (sensación), y la psicofísica moderna en donde no se mantiene ese paralelismo y se introducen otros factores determinantes de la sensación.

Desde este enfoque, el juicio que emite el sujeto sobre su sensación coincide con el valor de la sensación, por lo que sólo se está interesado en el estudio del estímulo y la respuesta sensorial. Por ello, en la experimentación se utilizaban sujetos entrenados para asegurarse que la respuesta sensorial se emitía exclusivamente en función del estímulo y no de componentes cognitivos que corregían o compensaban el dato sensorial. Se consideraba error del estímulo cuando la respuesta se debía a algún tipo de información adicional, por lo que se despreciaban esos datos. La psicofísica clásica se interesó, principalmente, por el estudio de los umbrales sensoriales que vienen a ser "los límites" de nuestra sensación.

3. ERNST HEINRICH WEBER (1795-1878)

En el estudio de la sensorialidad merece una especial atención la obra del fisiólogo Ernst Heinrich Weber (1795-1878), el cual, utilizando el '*test del compás*' determinaba el "*umbral de impresión dual*" (distancia mínima requerida entre las dos puntas del compás para captar una doble sensación espacial sobre la piel).

En general, se entiende por **Umbral Absoluto** (UA) la mínima cantidad de estimulación física necesaria para que el sujeto detecte o perciba el estímulo. Por ser un límite inferior, por debajo del cual no somos conscientes de la presencia del estímulo, también se le denomina umbral de conciencia. Obsérvese que, complementariamente, puede existir un límite superior (Umbral superior) que representa el límite de los sensores, normalmente nos referiremos a este límite como **Umbral del dolor**. Parece obvio que entre estos dos valores extremos se extiende la escala psicofísica (o subjetiva), que permite al perceptor valorar sus sensaciones.

Ahora bien, una escala que se precie de serlo debe tener un origen (límite inferior ó UA), un "techo" (límite superior) y unas unidades de medida. Si estas unidades son muy pequeñas, el mecanismo sensorial tienen gran finura (resolución) discriminativa, es altamente sensible o funciona con enorme precisión. Por el contrario, si las unidades de medida son grandes, el mecanismo solo permite establecer discriminaciones toscas (grosso modo), es poco sensible.

Weber, constató la variabilidad de la sensibilidad en las diferentes regiones cutáneas, elaborando mapas corporales de sensibilidad cutánea (hoy le llamarían de zonas erógenas).

Posteriormente, comprobó la variabilidad de los umbrales según la focalización de la atención, según el grado de entrenamiento (experticia), la fatiga, la raza, etc.

También experimentó con discriminaciones de peso, llegando al concepto de "*diferencia mínima perceptible*" (dmp) o "Umbral Diferencial" (UD), también llamado umbral relativo, definido como el mínimo incremento en la magnitud del estímulo necesario para que el sujeto perciba (advierta) un cambio.

Weber, advirtió de que los seres humanos exhibimos mayor habilidad para percibir cambios relativos y no absolutos. A partir de sus experimentos, llegó a concluir que el incremento de magnitud (ΔE) requerido para advertir una diferencia mínima perceptible, dividida por la magnitud del estímulo de referencia (E), era constante:

$$K = \Delta E / E$$

Así, por ejemplo, un sujeto percibe un punto luminoso en una pantalla y dicho punto tiene una intensidad de 100 cd/cm^2 , observamos en un experimento que para que el sujeto note un incremento de brillo (un cambio) hay que aumentar la intensidad, por lo menos, 10 cd/cm^2 , es decir, una décima parte (0.1). Por tanto, cuando perciba un punto de 500 cd/cm^2 , si se cumple la Ley de Weber, habría que aumentar la intensidad también en la décima parte, esto es, por lo menos 50 cd/cm^2 , ya que:

$$K = 10 / 100 = 50 / 500 = 0.1$$

Esta constante, llamada fracción de Weber (o constante de Weber) en cierto sentido, funciona como un índice aproximado de la finura discriminativa de las distintas modalidades sensoriales (sensibilidad). Ulteriormente, Fechner, basándose en esta constante, elaboró (véase más adelante) la fórmula que conocemos como ley de Weber-Fechner.

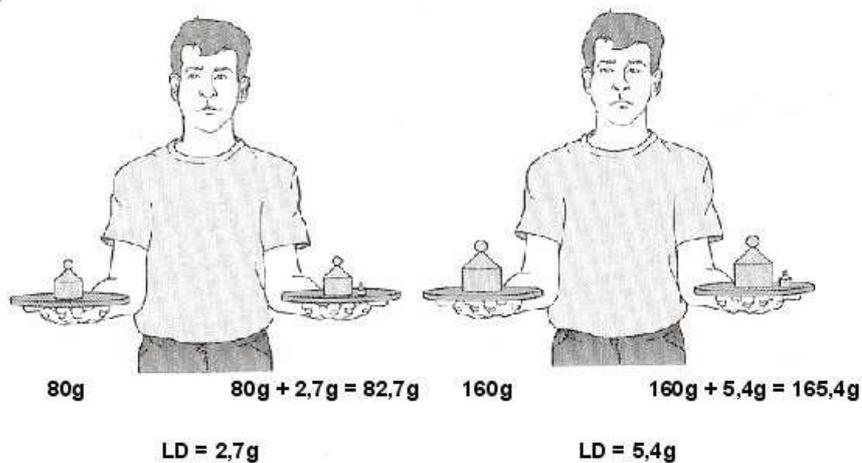


Figura.- Esquema descriptivo del experimento de juicios de comparación de pesos.

La importancia de los métodos experimentales de la psicofísica para la psicología radica en que permitieron establecer una relación cuantitativa entre fenómenos físicos y mentales, es decir, entre variables físicas y psicológicas, lo que daba fundamento a una Psicología experimental. La K de Weber representa la primera medición legítima de la subjetividad y por tanto, la demostración de que la sensibilidad, que es subjetiva por su propia naturaleza, se puede medir de un modo "objetivo". Esto legitimaba el acceso de la Psicología al corpus

de las ciencias experimentales y esta disciplina dejaba de estar relegada a ser considerada una rama de la Filosofía, como lo había sido anteriormente.

4. GUSTAV THEODOR FECHNER (1801-1877)

Filósofo, fisiólogo y físico que pasaría a la historia por sus contribuciones metodológicas experimentales a la psicología. Vinculado en su formación académica a las corrientes científico-materialistas y filósofo idealista, intentó aunarlas dentro de una postura dualista (paralelismo psicofísico) que le conduciría a un 'panpsiquismo' (identidad entre materia y mente). Desarrolló abundantes experimentos sensoriales (táctiles: pesos; visuales: brillantez, estimación de distancias, etc) y publicó en 1866 los "Elementos de la psicofísica", donde considera la psicofísica como una ciencia exacta de las relaciones funcionales o relaciones de dependencia entre cuerpo y mente. Sostiene que la sensación, si bien no puede medirse directamente, ésta puede medirse indirectamente. Esto también ocurre en física, por ejemplo, la medición de la intensidad de la corriente eléctrica por un amperímetro o por un galvanómetro.

Fechner, llegó así a establecer el concepto de '**umbral absoluto**' o umbral de conciencia (magnitud física del estímulo requerida para que se perciba el estímulo) y '**umbral relativo o diferencial**' (incremento necesario para que se perciba un cambio entre dos magnitudes del estímulo).

El umbral diferencial o (dmp) es la unidad de medida de la escala subjetiva del sujeto o escala psicológica. Veamos, mediante un ejemplo, como se establece esta escala psíquica a medida que varía la escala física. Supongamos que el UA para detectar un punto iluminado en una pantalla de ordenador es de 30 Lux (unidad fotométrica de iluminación), es decir, que por debajo de ese valor el sujeto no percibiría un punto luminoso. ¿Cuántos Lux habrá que aumentar la intensidad luminosa del punto para que el sujeto note un cambio de brillantez?. Supongamos que 3 Lux, luego, 1 dmp= $\Delta E = 3$ y por tanto:

$$K = \Delta E / E = 3 / 30 = 0.1$$

Adviértase que estamos indicando que al valor 30 (en la escala física) le corresponde el valor 0 en la escala de sensación (por ser el U.A.). Y que 1 dmp, en la escala psicológica, equivale a 3 Lux en la escala física. Ahora bien, si presentamos al sujeto un nuevo punto luminoso que tiene una intensidad de 33 Lux (30+3), ¿cuánto habrá que incrementar la intensidad luminosa del estímulo para que el sujeto sea capaz de detectar un cambio de brillo (otra dmp)?. Sabiendo que $K = 0.1$ y despejando en la Ley de Weber:

$$0.1 = \Delta E / 33; \quad \Delta E = (0.1) * 33 = 3,3 \text{ Lux}$$

Luego:

→ A 1 dmp le corresponderá: 3 Lux, cuando E= 30 Lux, y

→ A 1 dmp le corresponderá: 3,3 Lux, cuando E= 33 Lux

Evidentemente, no es que 3 Lux sean iguales a 3,3 Lux, sino que la sensación experimentada por el sujeto, en cada caso, es la misma. Estos incrementos mínimamente distinguibles (dmp) pueden utilizarse como unidades de medida, que nos permitan construir una escala psicológica de la sensación, al igual que las hay en Física para medir la longitud, el peso, etc. Si, de nuevo, presentamos al sujeto un punto en la pantalla, esta vez con una intensidad de 36,3 Lux (33+3,3), ¿cuánto habrá que incrementar, ahora, la intensidad luminosa del estímulo para que el sujeto sea capaz de detectar el cambio de brillo (otra dmp)? Puesto que $K= 0.1$ y despejando, nuevamente, en la Ley de Weber:

$$0.1 = \Delta E / 36,3; \quad \Delta E = (0.1) * 36,3 = 3,63 \text{ Lux}$$

Por lo que, así sucesivamente, la correspondencia de escalas resulta ser:

<u>ESCALA FISICA</u>	<u>ESCALA DE SENSACION</u>
30	0
33	1
36,3	2
39,93	3
etc.	etc.

Fechner, partió de un principio (la ley de Weber) y asumió un postulado: que todos los umbrales diferenciales eran subjetivamente equivalentes y, en consecuencia, el incremento de la sensación (ΔS) podía calcularse a partir de la "**constante de Weber**":

$$\Delta S = C \cdot \left(\frac{\Delta E}{E} \right)$$

Fórmula a la que denominó "**ley de Weber**" y en la que 'C' es una constante de proporcionalidad.

Posteriormente, este autor, obtuvo la función, que relaciona sensación y estímulo, al plantear una ecuación diferencial que resuelve por integración y a la fórmula resultante se le conoce como "**ley de Fechner**":

$$S = C \cdot \ln(E) + K \quad \text{donde } C = \text{constante de Fechner}$$

Si se desea utilizar los logaritmos decimales, en lugar de los logaritmos neperianos, basta con sustituir la 'constante C de Fechner' por la constante K de Weber, y realizar la transformación matemática, con lo que resulta:

$$S = K \cdot \log E \quad \text{donde } K = \text{constante de Weber}$$

E	ΔE	S
30	3	0
33	3,3	1
36,3	3,63	2
39,9	3,99	3

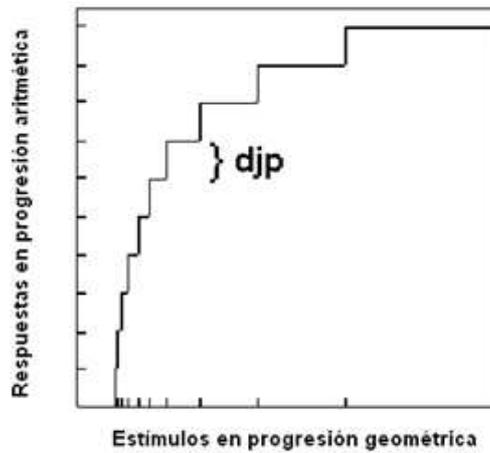


Figura.- Relación entre la intensidad del estímulo, los incrementos de intensidad requeridos para percibir un cambio (ΔE) y sensaciones del perceptor (en unidades de dmp= diferencia mínimamente perceptible).

Según la cual, *la intensidad de la sensación es proporcional al logaritmo de la intensidad del estímulo*. En otras palabras, la **ley de Fechner** indica que al aumentar la estimulación física en progresión geométrica, la sensación aumenta sólo en progresión aritmética.

E	S
20.00	0
22.00	1
24.20	2
26.62	3
29.28	4
32.21	5
35.43	6
38.97	7
42.87	8
47.16	9
51.87	10

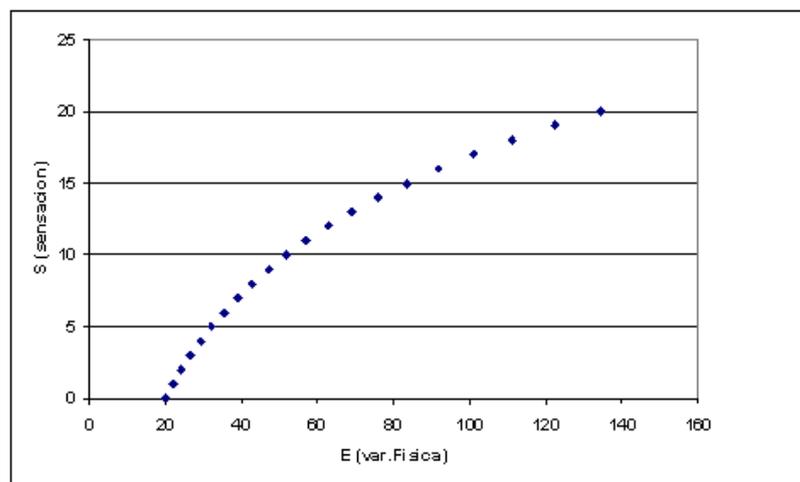


Figura.- Tabla de datos registrada en un experimento psicofísico y función que expresa el tipo de relación que existe entre los valores de intensidad del estímulo presentados en el experimento y la sensaciones que provocó en el perceptor. La forma de la función revela que se produce un ajuste logarítmico.

E	Log(E)	S
20.00	1.30	0
22.00	1.34	1
24.20	1.38	2
26.62	1.43	3
29.28	1.47	4
32.21	1.51	5
35.43	1.55	6
38.97	1.59	7
42.87	1.63	8
47.16	1.67	9
51.87	1.71	10

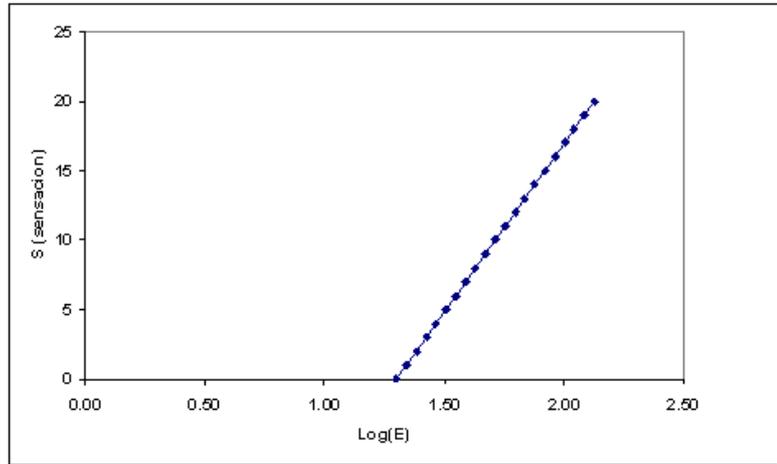


Figura.- Tabla que muestra la transformación logarítmica de los valores de intensidad del estímulo $\log(E)$ y la relación lineal que existe entre estos valores $\log(E)$ y la sensación que experimenta el receptor. De ahí se infiere que la Sensación es directamente proporcional (ajuste lineal) al logaritmo de la intensidad del estímulo, como señala la ley de Fechner: $S = K \cdot \log(E)$.

De especial interés es el hecho de que cuando 'E' (magnitud del estímulo) tiene el valor del umbral absoluto, 'S' es nula (vale cero), lo cual lleva a presuponer la existencia de sensaciones negativas, cuando el valor de la sensación (S) corresponde a valores de 'E' menores que el umbral, llamadas percepciones subliminales (¿el inconsciente?). En este sentido el UA podría considerarse como la puerta de acceso a la Consciencia. Por consiguiente, por *percepción subliminal* se entiende la percepción de un estímulo por parte de un sujeto sin que éste tenga consciencia de él. Por ejemplo, puede producirse cuando el estímulo está muy lejos, es de poca intensidad o se presenta durante un tiempo muy breve. Por razones éticas obvias, la utilización de la percepción subliminal en publicidad está prohibida; sin embargo, resulta difícil controlar ciertos mensajes subliminales que nos son enviados en determinadas circunstancias (anuncios, mítines, etc.).

Otra aportación de relevante interés se refiere a los tres métodos ideados por Fechner, basados en técnicas estadístico-matemáticas, que expondremos más adelante. Estos métodos son susceptibles de aplicarse a la determinación de los dos tipos de umbrales (absoluto y diferencial), como un medio que permite corregir estadísticamente la enorme variabilidad observada en dichos umbrales.