



MEDICIÓN DE LOS UMBRALES PSICOFÍSICOS

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Metodología psicofísica
- Método del estímulo constante
- Método de los límites
- Elección forzada

METODOLOGÍA PSICOFÍSICA

Por qué deberían los estudiantes de Optometría estudiar y comprender los principios básicos de la metodología psicofísica? Considere las siguientes preguntas:

- Qué tan importante es la evaluación de visión para la optometría?
- A cuántos de nuestros pacientes les realiza pruebas de visión el optómetra?
- Cuántas pruebas de visión se están haciendo en una valoración típica?
- Qué tanto de la toma de decisiones del profesional se basa en los resultados de las pruebas de visión?
- Cuántas pruebas de visión se han aprendido a hacer hasta ahora?
- De todas las pruebas de visión que se realizan, cuántas de ellas son pruebas psicofísicas?

La psicofísica se refiere a los efectos psicológicos, es decir, las percepciones que surgen de algún estímulo físico. La visión es una percepción sensorial - de hecho nuestra más importante percepción sensorial - de la luz (el estímulo físico). Por lo tanto, la visión es un fenómeno psicofísico, y todas las pruebas de visión son pruebas psicofísicas. Los métodos psicofísicos que se han desarrollado para estudiar la percepción son lo que usamos en optometría clínica y la investigación ocular para medir el desempeño visual, por lo que la metodología psicofísica está en el corazón mismo de la optometría. Muchas pruebas de visión tratan de medir algún tipo de **umbral**; que es el límite para poder ver algo. Por ejemplo, la letra más pequeña, la luz más tenue o el contraste más bajo visible. Los umbrales pueden ser muy difíciles de ser medidos con *exactitud* y *precisión*, pero necesitamos tanto la **exactitud** como la **precisión** para tomar las decisiones correctas en el manejo de los pacientes.

- Precisión - medir correctamente el valor. Por ejemplo, si la PIO exacta de una persona es 12,6 mm Hg, una medida de 12,5 es más precisa que una medida de 15,0

METODOLOGÍA PSICOFÍSICA (CONTINUACIÓN)

Precisión - repetibilidad de la medición. Usando el ejemplo de la PIO, tres mediciones repetidas de 15,0, 14,5, 14,5 son más repetibles que tres mediciones de 9,0, 12,5, 16,5. Mejor repetibilidad significa una mejor precisión. Dr. Christopher Tyler, investigador del Instituto de Investigación Ocular Smith-Kettlewell (<http://www.ski.org/>) dijo una vez, "las cosas se complican cuando se acerca al umbral". Por tanto, las técnicas especiales se han desarrollado para medir los umbrales sensoriales. Muchos de estos métodos fueron desarrollados por el famoso científico alemán **Gustav Fechner** (1801-1887), quien es conocido como el padre de la psicofísica moderna. Hoy se van a estudiar tres métodos que él desarrolló para medir los umbrales:

- Método del estímulo constante
- Método de límites
- Método de ajuste

MÉTODO DEL ESTÍMULO CONSTANTE

Este consiste de dos partes, un procedimiento de valoración específico y un método de análisis.

PROCEDIMIENTO

Antes de la prueba de umbral, como el umbral de contraste para la detección de una rejilla en onda sinusoidal, se debe tener una estimación del valor de umbral. Se puede determinar esto haciendo un **estudio piloto** antes de un experimento formal, utilizando el método del estímulo constante. Por ejemplo, para calcular el umbral de contraste, es posible que con tan sólo mirar la rejilla y ajustar el contraste hasta que apenas se pueda ver.

A continuación, se seleccionan 5-9 niveles de intensidad del estímulo (en este caso, de contraste) en torno al umbral estimado, incluyendo algunos valores por debajo y algunos valores por encima de él. Esto debe incluir un estímulo que es tan bajo que no se detecta, y uno que es lo suficientemente alto que siempre va a ser detectado. Entre estos dos extremos, la magnitud de los otros debe ser igualmente espaciada.

Por ejemplo, si cree que el umbral de contraste es de aproximadamente 2%, puede seleccionar los niveles de contraste para comprobar como 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 y 4,0 por ciento de contraste.

En orden aleatorio, presentar el estímulo en una de las intensidades, y registrar si el sujeto ve o no (sí o no). Repetir hasta que se haya probado en cada nivel muchas veces. Por ejemplo, se podría hacer un total de diez presentaciones en cada nivel. Se calcula el porcentaje de detección (respuestas si) para cada configuración de estímulo. La Tabla 31.1 organiza las respuestas hipotéticas a tal experimento. Tenga en cuenta que esto le permite medir un umbral, como el umbral de contraste para una rejilla en onda sinusoidal de 18 ciclos por grado. Si se desea graficar la función de sensibilidad al contraste de una persona para un rango de frecuencias espaciales, se tendría que repetir el procedimiento para medir el umbral en otras frecuencias espaciales.

Tabla 31.1: Ejemplo de datos recolectados en un experimento de estímulo constante

CONTRASTE	% DETECTADO
0	0
0.5	2
1	10
1.5	35
2	60
2.5	75
3	85
3.5	98
4	100

MÉTODO DEL ESTÍMULO CONSTANTE (CONTINUACIÓN)

ANÁLISIS

Para cada nivel, se traza la el porcentaje de detección (percepción; eje y) como una función del contraste (intensidad del estímulo físico; eje x) para trazar lo que se conoce como una **función psicométrica** (figura 31-1). Se adaptan los puntos de datos con alguna curva. Se interpola a partir de la curva para determinar el nivel de estímulo (contraste) que corresponde a la **detección del 50%**. Esto se toma como el umbral.

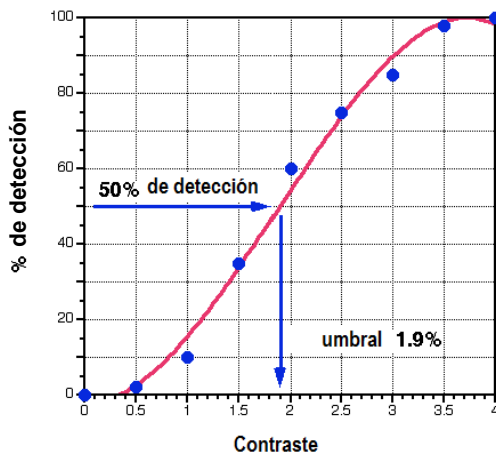


Figura 31-1: Esta gráfica representa los resultados de un experimento de tipo estímulo constante. Esta función psicométrica (el porcentaje de respuesta representado como una función de la intensidad física del estímulo) tomando la forma de curva en ojiva

Tener en cuenta que, como los estímulos se presentan al azar, el sujeto no puede anticipar cuándo se verá. Este método se denomina método de estímulo constante, no porque las intensidades de los estímulos se mantienen constantes, sino porque *el nivel de expectativa del sujeto se mantiene constante*.

En este ejemplo, el umbral de contraste medido es 1,9%. Por encima de este nivel la persona debería detectar la rejilla al menos el 50% de las veces. Por debajo de este nivel que debe detectarlo menos de 50% de las veces. La técnica estímulo constante es un método de laboratorio valioso, pero consume mucho tiempo.

Ejemplo de pregunta (del libro antiguo de Revisión del Examen de Optometría, 1994):

498. El método psicofísico del estímulo constante se suele utilizar para generar una función psicométrica con una constante con forma descrita más precisa como...

- A. En forma de campana
- B. Gaussiana
- C. normal acumulativa
- D. Hiperbólica
- E. **Parabólica**

MÉTODO DE LOS LÍMITES

Una forma menos precisa pero más rápida de estimar los umbrales es a través del uso del método de los límites. Este tiene tres estrategias básicas:

- Límites ascendentes
- Límites descendentes
- Método de la escalera

MÉTODO DE LOS LÍMITES (CONTINUACIÓN)

MÉTODO DE LOS LÍMITES ASCENDENTES

Se ajusta la intensidad del estímulo muy por debajo del umbral y se aumenta la intensidad hasta que se vea el estímulo. Se registra este valor y se repite el procedimiento varias veces para obtener varias estimaciones del umbral. Finalmente se calcula la media de estas estimaciones.

MÉTODO DE LOS LÍMITES DESCENDENTES

Se comienza con una intensidad del estímulo por encima del umbral y se va disminuyendo la intensidad hasta que no se ve el estímulo. Se repite el procedimiento y se calcula el valor medio como el umbral. A menudo el examen de agudeza visual en la clínica se hace con un método de límites descendentes.

P. Por qué el método de los límites ascendentes es más apropiado para un experimento de adaptación a la oscuridad que el de los límites descendentes?

R. _____

Errores de habituación

Mientras que los métodos de límites ascendente y descendente tienen la ventaja de ser rápidos y relativamente fáciles de administrar, tienen algunas desventajas inherentes. Estos incluyen **errores de habituación** y **errores de expectativa**.

Si se utilizan los mismos pasos, ya sea en la secuencia ascendente o descendente, el sujeto puede caer en el hábito de decir "sí" después del mismo número de presentaciones. Por ejemplo, en una serie ascendente, puede decir "sí" en alrededor de la quinta presentación en los primeros ensayos. Incluso si no lo ve así en ensayos posteriores, todavía puede seguir diciendo "sí" porque piensa que debe - ser consistente con sus respuestas anteriores.

P. Ha notado lo fácil que es caer en un ritmo para presionar el botón cuando se hace una prueba de campo visual de umbral?

Este es un ejemplo de un error de habituación.

Error de expectativa

El sujeto puede comenzar a anticipar "ver" el estímulo y responder de forma prematura. Esto también puede ser un problema en la prueba clínica de campos visuales. El paciente puede oír el ajuste de la máquina, y luego se detiene inmediatamente antes de la presentación del estímulo. Desde el sonido solamente, se puede anticipar cuando el proyector presentará la luz en el fondo.

MÉTODO DE LA ESCALERA

La estrategia de la escalera es una modificación de los métodos ascendentes y descendentes. Comienza ya sea con una serie ascendente o descendente. Cuando llegue al punto final, se invierte la dirección hasta encontrar el punto final opuesto. Continuar hacia arriba y abajo durante varias inversiones. Se toma como el umbral la media de varias inversiones. (Véase la Fig 11-2 de Schwartz, 2004). Esta es una manera rápida y popular para localizar el umbral y se utiliza para determinar los umbrales del campo visuales en el analizador de campo visual Humphrey. Citando del Humphrey, "Guía del analizador de campo", 1986 p. 23:

El analizador de campo Humphrey mide el umbral en un punto dado partiendo o por proceso en escalera. Se presenta el estímulo inicial a una intensidad ligeramente más brillante que el umbral esperado del paciente. Si el paciente ve el estímulo, el Analizador disminuye la intensidad del estímulo de 4 dB en presentaciones posteriores hasta que el paciente no lo ve. Luego la intensidad se incrementa de nuevo en 2 dB hasta que el paciente ve el estímulo. Si, por otro lado, el paciente no ve el primer estímulo, el mismo proceso se realiza a la inversa. En todo caso, el último valor visto es identificado como el umbral del paciente en ese momento

MÉTODO DE LOS LÍMITES (CONTINUACIÓN)

MÉTODO DEL AJUSTE

En este método, se permite al observador ajustar la configuración por sí mismo hasta que encuentre su propio umbral de intensidad. Este es un método rápido, pero entre las diferentes técnicas, es la más susceptible a las variaciones por el criterio propio de umbral del sujeto, la motivación, la comprensión, etc. Es una forma útil para estimar rápidamente el umbral antes de hacer la prueba más formal. Sin embargo, la mayoría de los científicos de la visión, no utilizan el método de ajuste para obtener sus mejores datos.

ELECCIÓN FORZADA

El método de estímulos y método de los límites constantes se puede refinar aún más para mejorar la precisión mediante el uso del principio de **elección forzada**. Este está diseñado para reducir la variación en los resultados de las pruebas producidas por el cambio de criterios subjetivos para el ver o no ver.

Se espera variabilidad para cada sujeto en criterios de umbral. Los criterios también varían. El mismo sujeto puede aplicar diferentes criterios en función del tiempo, la naturaleza de la tarea, las condiciones de prueba, el nivel de fatiga, la motivación, la comprensión, la confianza, etc.

Por un **criterio estricto**, nos referimos a que el sujeto no reporta haber visto el estímulo a menos que esté absolutamente seguro de que ve el estímulo. Esto puede causar una estimación del umbral demasiado alta. Si el sujeto utiliza un **criterio laxo**, se apresurará para decir que ve el estímulo, incluso si no está seguro. Esto conduce a umbrales bajos.

La metodología de elección forzada está diseñada para minimizar las fluctuaciones de criterios, fomentando en el sujeto a siempre hacer su mejor conjetura.

La Fig. 11-4 de Schwartz, 2004, ilustra cómo un experimento de estímulo constante puede ser modificado para incluir la elección forzada. En lugar de mirar a un objetivo y decir si o no ve el estímulo (detectado /no detectado), la persona mira a dos objetivos (Fig. 11-3ª de Schwartz, 2004) y tiene la obligación de decir cuál contiene el estímulo. Uno de los dos lados siempre contendrá el estímulo y el otro estará en blanco. El sujeto se ve obligado a hacer su mejor conjetura, sin importar su criterio. Incluso si no puede verlo, de todas maneras tiene que adivinar. A continuación, se registra si su suposición es correcta o incorrecta.

Si el sujeto se ve obligado a elegir entre dos alternativas, este diseño es llamado experimento de **elección forzada de dos alternativas** (abreviado **2AFC**). Usando este procedimiento, se realizan un gran número de ensayos en cada nivel de intensidad, y se registra el porcentaje correcto (no el porcentaje detectado) en cada nivel (Fig de Schwartz, 2004, gráfico 11-4a). Se resalta que el eje y tiene una etiqueta diferente a la de antes. En la Fig 11-1 de Schwartz, 2004, la etiqueta era "porcentaje detectado." En un experimento de elección forzada, el eje y está etiquetado "porcentaje correcto."

El umbral se toma como la intensidad asociada con el porcentaje de respuesta correcta que está a medio camino entre adivinar y una detección del 100%.

Para dos alternativas, la persona debe obtener el 50% de respuestas correctas sólo con adivinar, incluso cuando no puede ver el estímulo. Un valor del 100% correcto significa que identificó correctamente el estímulo todas las veces. En un experimento 2AFC se toma como el umbral el medio camino entre estos dos (75%).

Es posible diseñar un experimento con más de dos alternativas. La Figura 4.11 de Schwartz, 2004, también muestra un diseño **4AFC**. En el caso de un 4AFC, incluso cuando el estímulo no puede ser visto, el sujeto consigue un 25% correcto con sólo adivinar. Por tanto, el umbral se toma como la intensidad asociada con un 62,5% correcto (el medio camino entre 25% y 100%).

Si se evalúa la agudeza visual mediante la cartilla de Sloan, como se hace con la cartilla ETDRS LogMAR, se usaría un Técnica 10AFC.

ELECCIÓN FORZADA (CONTINUACIÓN)

MÉTODOS DE ELECCIÓN FORZADA EN ESCALERA

El diseño elección forzada también se puede utilizar con el método de escalera. Se podría presentar el estímulo en una de dos posiciones, o puede presentarse en uno de los dos intervalos. El observador debe observar y decir si el estímulo fue visto en el primer o segundo intervalo. Entonces, en lugar de registrar "sí" o "no" como en una escalera regular, el experimentador registra, "correcto" o "incorrecto" y ajusta la escalera en consecuencia con lo que va obteniendo (Figura 31-2). La mayoría de los sujetos y los pacientes pueden ver mejor de lo que piensan, los experimentos de elección forzada a menudo resultan en umbrales más bajos que no se podrían medir de otra forma.

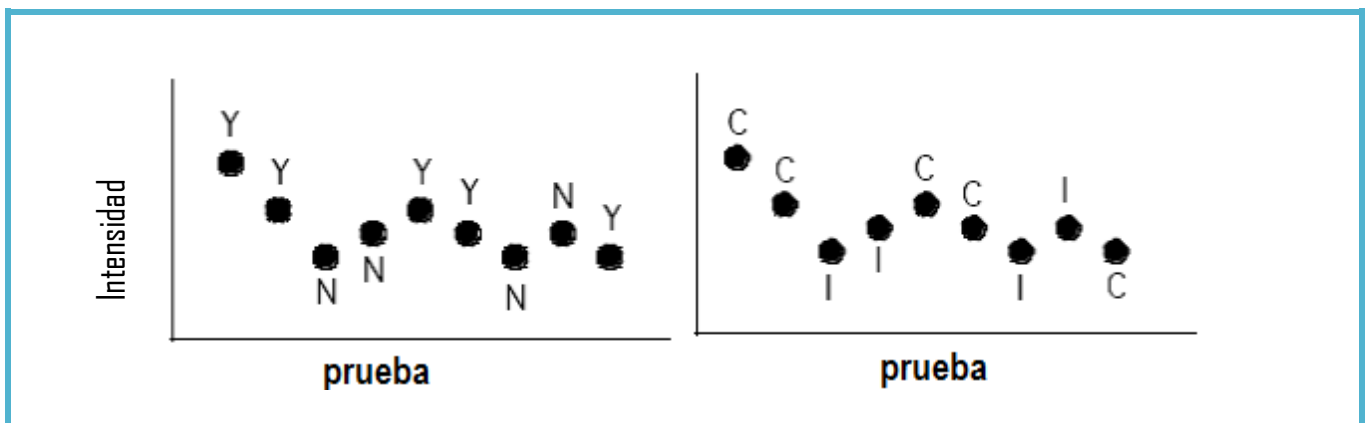


Figura 31-2: Comparación de las respuestas S/N (izquierda) y un experimento 2AFC en escalera (derecha)

LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004

- Casser L. **Optometry Examination Review**. Appleton and Lange. 1994
- Humphrey A and Haley MJ. **The Field analyzer primer**. Allergan Humphrey, Chicago. 1986