



CURVAS ROC, MAGNITUD DE LA SENSACIÓN

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Curvas ROC
- Ejemplo de la teoría de la decisión en glaucoma
- Magnitud de la sensación
- Las cuatro constantes

CURVAS ROC

Las respuestas subjetivas obtenidas para los diferentes niveles de criterios y diferentes intensidades de estímulo (detectabilidad, d') se pueden trazar en una curva receptor de funcionamiento característico (ROC). Traza la tasa de aciertos (verdaderos positivos) en función de la tasa de falsas alarmas (falsos positivos) para muchos ensayos repetidos (Figura 33-1, a continuación y Figura 11-9 de Schwartz, 2004). Cada curva ROC representa un nivel de detectabilidad - es decir, un nivel de intensidad del estímulo por encima del fondo. Cuando detectabilidad es pequeña, el estímulo es difícil de ver y se obtiene un gran número de falsas alarmas, así como aciertos. Un ejemplo extremo está representado por la curva ROC A en la Figura 33-1. La curva ROC A representa una detectabilidad de $d' = 0$.

CURVAS ROC

P. Por qué?

R. Para intensidades de estímulo más altas, se incrementa la detectabilidad, y el objeto se hace más fácil de ver. Habrá menos falsas alarmas y más aciertos, tal como se muestra en la Curva C.

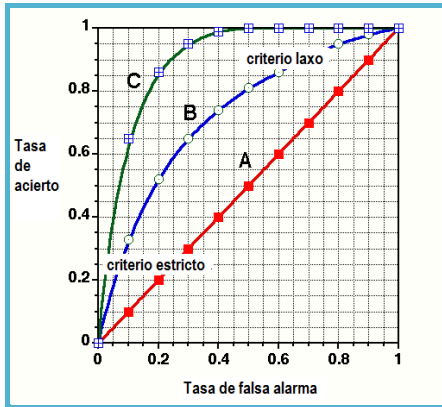


Figura 33-1: Tres curvas ROC

Dentro de una curva ROC, el criterio de detección se grafica como un punto único en la curva, como se muestra en la figura de Schwartz, Fig.11-9 A y Fig. 33-1. Esto se debe a que el criterio determina la probabilidad de ambos los aciertos y las falsas alarmas.

EJEMPLO DE LA TEORÍA DE LA DECISIÓN EN EL GLAUCOMA

El uso de curvas ROC y la teoría de la detección de la señal no se limitan a experimentos psicofísicos. Las curvas ROC se utilizan con frecuencia para evaluar pruebas de diagnóstico médicas que están diseñadas para detectar algo tal como una enfermedad en una población (como la señal + ruido) de una población normal (el ruido). Estas técnicas también se han utilizado para evaluar el equipo GDx, para evaluar qué tan bueno es para el diagnóstico de glaucoma. A veces, a la tasa de acierto se le llama la "**sensibilidad**" de la prueba diagnóstica. La sensibilidad de la prueba es la probabilidad de diagnosticar correctamente la enfermedad cuando está presente (un verdadero positivo). El rechazo correcto también se refiere a veces como la "**especificidad**". La especificidad es la probabilidad de diagnosticar correctamente una condición normal cuando en realidad es normal (un verdadero negativo).

Como, $(\text{falsa alarma}) = 1 - (\text{rechazo correcto})$

También se puede decir, $(\text{falsa alarma}) = 1 - (\text{especificidad})$

Las curvas ROC asociadas con las pruebas de diagnóstico se pueden trazar con tasa de acierto a lo largo del eje Y y tasa de falsas alarmas a lo largo del eje x, o puede ver las curvas ROC con sensibilidad trazada a lo largo del eje y, y **1-especificidad** trazada a lo largo del eje x. El siguiente ejemplo (Figura 33-2) viene de un artículo de investigación de glaucoma (Johnson C, Samuels SJ Tamizaje para la pérdida del campo visual con perimetría de frecuencia-doble. Invest Ophthalmol Vis Sci 1997; 38: 353-425).

Una buena prueba de diagnóstica es una que tiene una alta detectabilidad; es decir, una curva ROC que se extiende cerca de la esquina superior o parte superior izquierda de la gráfica ROC. Otro dato utilizado es el área bajo la curva ROC. Una mejor prueba de diagnóstica sería una que tiene un área más grande bajo la curva ROC.

EJEMPLO DE LA TEORÍA DE LA DECISIÓN EN EL GLAUCOMA (CONTINUACIÓN)

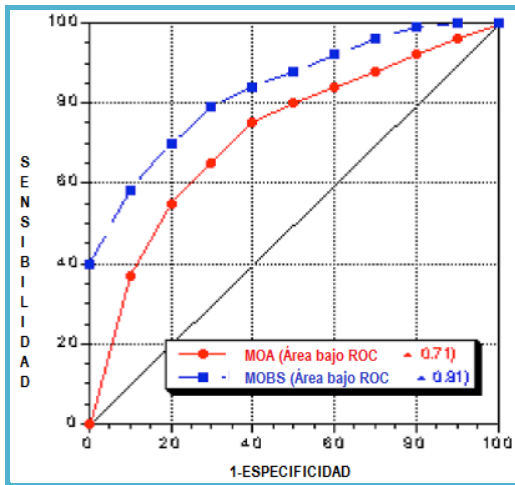


Figura 33-2a: Uso de las curvas ROC para comparar dos pruebas diagnósticas para glaucoma, las pruebas MOA y MOBS. La detectabilidad más alta o el área más grande por debajo de la curva ROC indican una mejor prueba. (Modificado de: Johnson C, Samuels SJ. Tamizaje para la pérdida del campo visual con perimetría de frecuencia-doble. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997; 38: 413-425)

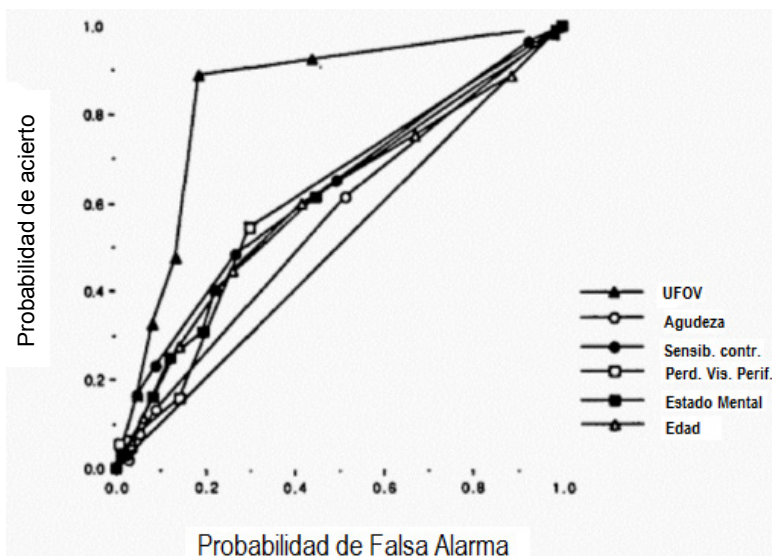


Figura 33-2b: Ejemplo de una curva ROC del artículo UFOV (campo visual útil). El objetivo de los investigadores fue encontrar una prueba visual que pudiera predecir cuáles de los conductores de edad estaban en riesgo de accidentes de tráfico. La prueba UFOV fue superior a la agudeza visual o las otras pruebas mencionadas en la leyenda del gráfico. Referencia: Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR. Los problemas de la atención visual como predictores de los accidentes vehiculares en los conductores de edad. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1993; 34: 3110

MAGNITUD DE LA SENSACIÓN

Anteriormente se han discutido los umbrales; es decir, los estímulos que son muy difíciles de detectar. Los experimentos psicofísicos también se pueden realizar para probar la respuesta a estímulos supraumbral. Por ejemplo, cómo se incrementa la magnitud de la sensación con el aumento de la intensidad del estímulo por encima del umbral? Por ejemplo, es una cartilla 20/20 dos veces más difícil de ver que una cartilla 20/40?

En un intento para encontrar una "ley psicofísica", el matemático Daniel Bernoulli (1738) teorizó que las personas responden al dinero en proporción a su valor percibido en lugar de su valor real. Por lo tanto, una cantidad fija de dinero (es decir, \$ 20) tiene un valor mayor si la persona es pobre, pero se vuelve menos valiosa como la persona se vuelve más rica porque la percepción de cantidad de la persona cambia. Bernoulli propuso que el valor percibido de dinero aumenta en medida al logaritmo de la cantidad de dinero que la persona posee.

LEY DE WEBER

Previamente se estudió la ley de Weber en la sección sobre la adaptación a la luz. La ley de Weber se aplica a la detección de un aumento del umbral contra un fondo (Figura 11-9 de Schwartz, 2004). Weber desarrolló el concepto de las "**diferencia apenas notable**" (DAN), que es el incremento más pequeño que puede ser detectado. Se recuerda que la DAN, o el incremento necesario para detectar un estímulo contra el fondo, es una fracción constante de la intensidad de fondo. Schwartz (2004) en su Fig. 11-11 ilustra esto con un caso en el que un sujeto está intentando detectar una letra de color gris oscuro contra un fondo gris claro. El sujeto puede apenas ver la letra con la iluminación baja si la luminancia del fondo es de 102 y la luminancia de la letra es de 100; que es una L (DAN) de 2. La fracción de Weber en este caso es igual a:

$$W_1 = \frac{\Delta L_1}{\text{fondo}_{L_1}} = \frac{2}{102} = 0.196$$

Si la iluminación de toda la cartilla se incrementa en un factor de 100, la luminancia de fondo aumentará a 10.200 y la letra será apenas detectable si su luminancia es 10.000. En este caso, la L (DAN) es igual a 200 y la fracción de Weber es

$$W_2 = \frac{\Delta L_2}{\text{fondo}_{L_2}} = \frac{200}{10200} = 0.196$$

Fracción de Weber dice que, cuando se está detectando un incremento contra un fondo, la DAN (L) es una fracción constante del fondo. Esto está estrechamente relacionado con el contraste, por lo que en un amplio rango de luminancias, es el contraste, en lugar de la luminancia absoluta de un objetivo que determina lo fácil que es de ver.

Esto también significa que el brillo percibido de un objeto se verá fuertemente influenciada por su fondo. La Fig. 11-12 de Schwartz, (2004) ilustra esto en el fenómeno conocido como **contraste simultáneo** (Fig.33-3).

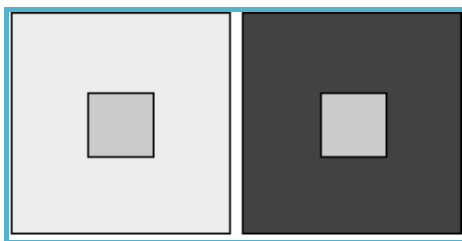


Figura 33-3: Contraste simultáneo

Un fenómeno similar, conocido como **contraste simultáneo del color** se ilustra en la Figure 33-4, abajo.

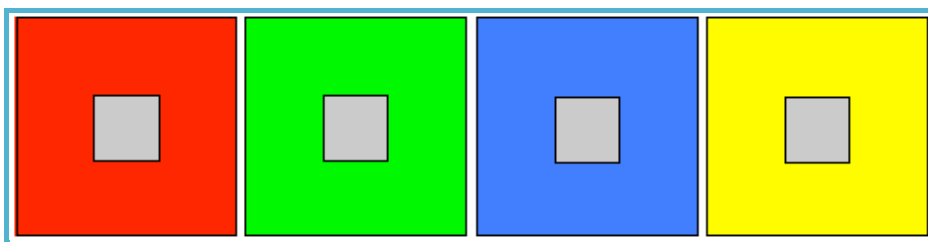


Figura 33-4: En el contraste simultáneo del color, una zona gris rodeada por un campo de color parecerá tomar el tono del color complementario de la zona circundante

En un **contraste sucesivo del color** – Si se contempla un color, y luego se observa un campo blanco, deberá verse una post imagen que tiene el tono complementario del color que se ha estado contemplando.

LEY LOGARÍTMICA DE FECHNER

La obra de Weber con los umbrales fue el antecedente de la teoría posterior de Fechner sobre sensaciones superumbrales. Fechner (1860) supone que existe una relación de este tipo, y esto llevó a la **ley logarítmica de Fechner**, que establece que la magnitud de la sensibilidad (S) aumenta en proporción al logaritmo de la intensidad del estímulo (I). La variable C es una constante, que se relaciona con la ley de Weber.

$$S = c \cdot \log(I)$$

Utilizó la técnica de escalamiento indirecta asumiendo que las sensaciones aumentan en la misma proporción como el incremento del umbral de detección; es decir, como una función directa de DAN (o L en los ejemplos anteriores). La ley logarítmica de Fechner también se llama **ley psicofísica**.

La ley de Fechner es ampliamente aceptada y es la razón por la cual muchas pruebas sensoriales cambian sus incrementos en pasos logarítmicos. Por ejemplo las pruebas de audición utilizan los decibeles. Un aumento de diez decibeles en la intensidad del sonido es un incremento de diez veces (una unidad log) en el nivel de sonido. Del mismo modo, las letras de las cartillas de agudeza visual logMAR están diseñados para aumentar en pasos de 0,1.

LEY DE POTENCIA DE STEVEN

La ley logarítmica de Fechner fue aprobada por casi 100 años, hasta que Steven (1957) estudió el problema de si se aumentaba la intensidad del estímulo. Esto se denomina **escala directa**. La **Ley de potencia de Steven** afirma que la magnitud de la sensación aumenta como una función de potencia (exponente):

$$S = I^a$$

El valor de exponente 'a' varía dependiendo de la naturaleza del estímulo. Ejemplos: sonoridad (0,67), el olfato (0,6), luminosidad de la zona de 5 grados (0.33), enrojecimiento (1,7). Ley de potencia de Stephen y la ley logarítmica de Fechner (Fig.33-5) dan predicciones ligeramente diferentes sobre cómo la magnitud de la sensación debería aumentar con el aumento de la intensidad del estímulo (Figura 11-13 de Schwartz, 2004).

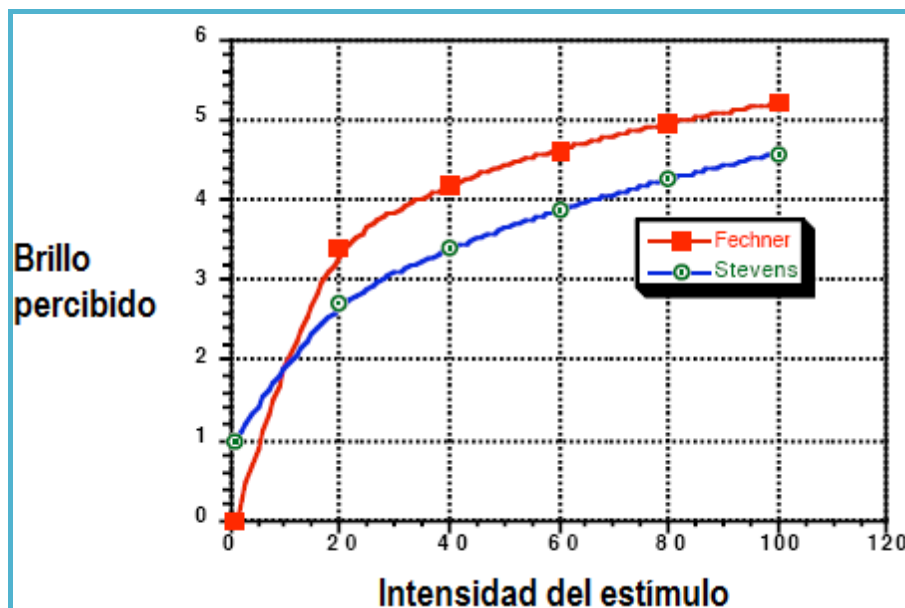


Figura 33-5: Gráfica de ejemplo que muestra las predicciones de Fechner (cuadros; $c=2.6$) y Steven (puntos; $a=.33$) para el brillo percibido como una función de la intensidad del estímulo

LAS CUATRO CONSTANTES

Para complementar, aquí hay una miscelánea de términos que se deben conocer sobre percepción visual – las cuatro constantes:

- Constante del tamaño
- Constante de la forma
- Constante del brillo
- Constancia del color

La **constancia del tamaño** se discutió anteriormente en el curso. También se le conoce como la **constancia de la distancia**, y se define como "la aparente estabilidad relativa o la falta de cambio percibido en el tamaño de un objeto, a pesar de un cambio en la distancia de visualización, el tamaño real, o de otros factores relacionados con el estímulo" (Del Diccionario de la Ciencia Visual, 4^a edición, 1997). Es decir, a pesar de los cambios de tamaño de imagen de la retina, se perciben manteniendo el mismo tamaño. Muchas ilusiones, incluyendo la ilusión de la luna, se basan en el principio de la constancia de tamaño.

La **constancia de la forma**, se define como "La aparente estabilidad relativa o la falta de cambio percibido en la forma de un objeto, a pesar de un cambio en la dirección o el ángulo de visión". Es decir, a pesar de que la imagen de la retina de un objeto cambia de forma, se percibe que todavía tiene la misma forma.

El Diccionario de Ciencia Visual define la **constancia de brillo** (o **constancia de iluminación**) como "Un fenómeno perceptual en el que el brillo percibido o subjetivamente atribuido de un objeto o una superficie tiende a permanecer fijo en un nivel de brillo pre-percibido o atribuido, en lugar de la relación indirecta con el brillo real, por ejemplo, un trozo de carbón intensamente iluminado puede seguir apareciendo negro, aunque más brillante que una hoja de papel blanco adyacente tenuemente iluminada".

La **constancia de color**, que se discutió antes, se define como la "aparente estabilidad relativa o la falta de cambio percibido del color de un objeto, a pesar de un cambio en la composición espectral de la luz incidente, o de las superficies adyacentes, o de otros factores de estímulo relacionados". (Diccionario de la Ciencia Visual, 4^a edición, 1997)

LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of Visual Science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Boston. 1997
- Johnson C, Samuels SJ. Screening for Glaucomatous Visual Field Loss With Frequency-Doubling Perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997; 38: 353-425
- Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR. Visual Attention Problems as a Predictor of Vehicle Crashes in Older Drivers. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993; 34: 3110