

Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia

Contribution of three models in sensory test of difference

YAMILA ÁLVAREZ-COUREAUX^{1,3} Y ADA MANRESA-GONZÁLEZ²

Recibido: Febrero 5, 2010

Aceptado: Mayo 10, 2010

Resumen

El empleo de los métodos para evaluar diferencias o agrado está muy extendido para una variedad de pruebas aparentemente sencillas de evaluación sensorial, ya sea empleando catadores o consumidores; sin embargo, se deben considerar las tendencias más actuales en este ámbito, es por ello que el artículo ofrece una introducción para el modelo Thurstoniano, así como su aplicación en las pruebas sensoriales. El tratamiento teórico abordado explica las diferencias detectadas en la ejecución de diversos protocolos, incluyendo las pruebas de diferencias, donde un pequeño cambio en las instrucciones dadas al juez puede alterar la proporción de respuestas correctas. Se comenta sobre el uso de la estadística binomial para el análisis de pruebas de diferencia, sus limitaciones y el efecto de la estrategia cognitiva adoptada por el catador durante la prueba; se analiza el modelo Thurstoniano en la respuesta de los evaluadores y la Teoría de Detección de Señales, además de abordar aspectos relacionados con el Análisis Secuencial de la Sensitividad, desarrollado como una evolución crítica al modelo Thurstoniano.

Palabras clave: Evaluación Sensorial, Modelo Thurstoniano, Teoría de Detección de Señales.

Abstract

The use of methods to evaluate differences or liking is very widespread for a variety of apparently simple sensory evaluation tests, either trained judges or consumers are being used. However, the most current tendencies in this area should be considered. That is why this article shows an introduction to the Thurstonian model as well as its application on sensorial tests. The discussed theoretical treatment explains the detected differences in the execution of diverse protocols, which include the test of differences, where a small change in the instructions given to the judges could alter the proportion of right answers. A comment is made about the use of the binominal statistics for the analysis of tests of difference, its limitations and the effect of adopted cognitive strategy by the testers during the test. The Thurstonian model in the judges' answers and the Signal Detection Theory are also analyzed. Moreover, some aspects related to Sequential Sensitivity Analysis, developed as a critical evolution of the Thurstonian model, are also uncovered.

Keywords: Sensory Evaluation, Thurstonian Model, Signal Detection Theory.

Introducción

Para que una ciencia progrese es importante contar con bases sólidas y modelos que expliquen los eventos de la ciencia en cuestión. Hasta hace unos años, el área de evaluación sensorial y los estudios con consumidor eran meramente una colección de métodos y datos sin una columna vertebral teórica.

¹ Universidad San Francisco de Quito. Círculo de Cumbayá s/n. Quito, Ecuador. Casilla postal 17-12-841. Tel. (593) 22971753.

² Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de la Habana. Calle 222 #2317 / 23 y 31 La Coronela La Lisa, La Habana. Cuba. Teléfonos: (537) 202-0930 (537) 202-0942, Fax: (537) 260-3894.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: yalvarez@usfq.edu.ec.

Los investigadores de la ciencia sensorial han entendido el rol del análisis estadístico para paliar las incongruencias de las mediciones en evaluación sensorial. Sin embargo, se ha detectado que los problemas principales están asociados con el acto de la medición misma. Por consiguiente, se hace necesario poner atención a los modelos de medición. Con estos antecedentes, el presente trabajo recoge la información principal acerca de una nueva visión del análisis sensorial desde el enfoque que se ha dado en llamar el modelo Thurstoniano.

La psicofísica es la parte de la filosofía empírica que estudia las reacciones entre lo físico y lo psíquico (Meilgaard *et al.*, 2007). La psicofísica sensorial busca, por su parte, estudiar el funcionamiento del sistema sensorial y los mecanismos cerebrales de captación de estímulos. Los investigadores de la temática sensorial deben utilizar la psicofísica, ya que los alimentos son evaluados por los sentidos humanos; por lo que, mientras mejor sea conocido el instrumento de trabajo, más eficientes serán las pruebas a diseñar.

Los psicólogos y los neurocientíficos trabajan evaluando el sistema sensorial y registrando los impulsos nerviosos. Otros estudios son los que utilizan modelos en animales, sin embargo, la forma de medir los estímulos se realiza, por lo general, sobre la base del comportamiento del individuo. Los integrantes de un grupo de estudio pueden ser seleccionados al azar, lo que permite realizar inferencias acerca de la población humana. La psicofísica supone que todos los sistemas sensoriales humanos actúan similarmente, de ahí que las muestras sean significativamente más pequeñas que para otros estudios (O'Mahony *et al.*, 1994).

Los grupos de evaluadores, independientemente del objetivo de la evaluación sensorial, están sujetos a mediciones de su comportamiento y cada grupo tiene su forma de controlar el desempeño del evaluador. En la evaluación sensorial, el análisis se lleva a cabo en compartimientos individuales o cabinas, lo que

permite la independencia en el juicio del catador. Las pruebas sensoriales con consumidores pueden realizarse en cualquier sitio donde estos se encuentren, o por medio de pruebas en el hogar. Por su parte, los estudios en psicofísica sensorial se realizan mediante la interacción uno a uno (evaluador-evaluado) y, de ser posible, el estudio se realiza a doble ciego.

Modelos psicofísicos

Han sido muchos los intentos por explicar el funcionamiento de los sentidos a través de la psicofísica, y desde mediados del siglo XIX se realizan aportes a la teoría de la percepción (O'Mahony *et al.*, 1994). Dentro de los modelos más reconocidos en la literatura científica de la ciencia sensorial se encuentran la ley de Fechner, en 1860, el modelo de Beidler (1954), así como la ley de Stevens (1957).

Sin embargo, desde 1927 se postula un modelo probabilístico, no matemático, en el que se plantea que: «*la variabilidad de la percepción genera cambios en la medición y además tiene en cuenta la regla de la toma de decisión cognitiva*» (Thurstone, 1927 a,b,c). Este modelo, conocido como modelo Thurstoniano, se basa en la variabilidad de la percepción sensorial, representada a través de la distribución normal de probabilidades y en la estrategia cognoscitiva empleada para la toma de decisiones y la emisión de una respuesta sensorial.

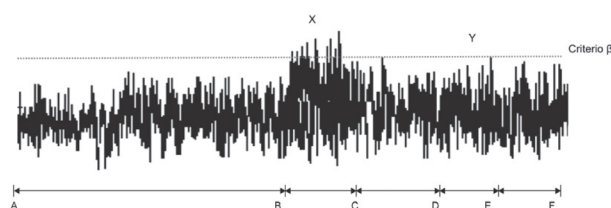
Modelo Thurstoniano

El modelo de Thurstone es una estructura poderosa para entender los mecanismos de la medición sensorial (Angulo y O'Mahony, 2009a). La idea básica del modelo radica en que cada vez que un alimento es degustado por un juez, varía la percepción de la intensidad del estímulo. Esta variación puede ser medida en términos de la respuesta neural o de la intensidad de la propia percepción, pero no depende del alimento en sí, sino del criterio de elección del evaluador. Estas estrategias teóricas han resultado enriquecedoras para la comprensión de los métodos de medida sensorial y básicamente

traza dos estrategias cognitivas. La estrategia β (criterio β), involucra un proceso de categorización de la intensidad de los estímulos en lugar de la usual comparación relativa de las distancias entre ellos. El evaluador asigna categorías a las sensaciones según este criterio cognitivo que se crea, por lo general, siguiendo las instrucciones dadas por el conductor de la prueba. Esta estrategia se ha designado en la literatura propia de la psicología como «la regla de la decisión óptima» (Noreen, 1981) o el modelo de la observación independiente (Macmillan y Creelman, 2005). El criterio β define la intensidad a partir de la cual los estímulos se consideran de mayor intensidad, teniendo en cuenta que existe una actividad cerebral basal identificada como ruido. Es decir, el límite entre las regiones de baja y alta intensidad se llama criterio β , siendo un parámetro psicológico que no depende directamente de la sensibilidad particular de cada juez (Rousseau, 2001)

Un mejor entendimiento del criterio β se logra en la Figura 1, donde el ruido neural está representado por el segmento AB. En el instante B, se distingue un estímulo X, el cual se percibe como señal, pues supera la barrera de detección que establece el criterio β hasta el instante C, en que cesa el estímulo. El ruido neural se mantiene incluso después del instante D en el que a pesar de la presencia del estímulo Y, éste no es lo suficientemente intenso para superar el criterio β y permitir al sujeto diferenciar esta señal del ruido neural. Atendiendo a estos argumentos se infiere que toda acción destinada a ajustar el criterio β redundará en una mejor diferenciación de estímulos confundibles.

Figura 1. El criterio β como límite en la percepción del ruido neural y la señal del estímulo.



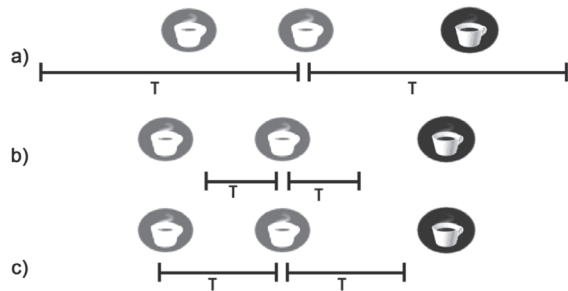
Un segundo tipo de criterio se ha llamado criterio Tau (τ) descrito por Ennis (1993) o criterio K (Macmillan y Creelman, 2005) empleado en protocolos donde al menos se presentan dos muestras y se pide al juez indicar si se trata del mismo producto o de productos diferentes. Esta estrategia cognoscitiva, derivada del modelo Thurstoniano, ha sido llamada la regla de la decisión de la diferencia (Noreen, 1981) y en este caso, en lugar de ser una demarcación que delimita dos áreas en el continuo sensorial, el criterio τ simula una vara o cinta métrica de una medida psicológica de la distancia percibida entre las dos intensidades de las muestras que se van a comparar.

Igualmente, el criterio τ es un parámetro psicológico y no depende de la sensibilidad del sujeto. Si un sujeto se siente seguro, no necesita una diferencia grande para percibir y describir las muestras como diferentes, lo que se traduce en un pequeño criterio τ . En cambio, si el individuo es más reservado o inseguro, requerirá un criterio τ más grande para declarar las muestras como diferentes. Al aplicar esta estrategia cognitiva, el juez se basa en la estrategia de comparación de distancias (Rousseau, 2001).

Un diagrama que ejemplifica una de las funciones del criterio τ se ilustra en la Figura 2, mediante una prueba triangular en la que al juez se le entregan tres muestras de las cuales una es diferente. La tarea del juez es indicar cuál es la muestra diferente. Si el criterio cognitivo del juez es demasiado amplio, se da la situación ilustrada en (a) y el juez percibe los estímulos como similares. Si el criterio cognitivo del juez es muy estrecho se da la situación ilustrada en (b) y el juez percibe los tres estímulos como diferentes.

Al informarle al juez que una de las muestras es diferente, él debe ajustar su criterio τ a la longitud óptima que le permita percibir una muestra como más alejada que la otra, así, el juez podrá identificar la muestra diferente, tal como ocurre en (c) de la Figura 2.

Figura 2. El criterio T como una medida psicológica de la distancia percibida entre las dos intensidades.



Si en el lugar de esta prueba se emplea una de decisión forzada de un atributo en particular, con las tres opciones de respuestas, como es la prueba 3-AFC, (por sus siglas en inglés, (Forced Choice 3-Alternative) el juez emplea la estrategia cognitiva, llamado desnatado, siendo mucho más fácil para el juez encontrar la muestra diferente y, por tanto, se incrementan considerablemente las respuestas correctas, haciendo de esta prueba una opción más eficiente (O'Mahony *et al.*, 1994).

A partir de los postulados de Thurstone se han realizado varios aportes de gran interés para la ciencia sensorial explicando desde el punto de vista teórico las inconsistencias y paradojas de los métodos tradicionales, como la variabilidad de los resultados al comparar alimentos en las pruebas de discriminación, así como los sesgos en las pruebas de preferencia pareadas y en el empleo de escalas hedónicas. Otro importante aporte a partir del Thurstoniano es la distribución beta binomial, que toma en consideración la variabilidad de la percepción en las pruebas sensoriales (Ura, 1960; Elliott, 1964; Hacker y Ratcliff, 1979; Frijters *et al.*, 1980; Ennis y Mullen, 1985; Ennis y Mullen, 1986a; Ennis y Mullen, 1986b; Ennis y Mullen, 1992; Ennis, 1992; Ennis, 1993; Ennis *et al.*, 1998; Bi y Ennis, 2001; Rousseau y Ennis, 2002).

Tradicionalmente, los datos derivados de las pruebas de preferencia se analizan estadísticamente utilizando la distribución binomial. Sin embargo, el resultado de este análisis sólo informa sobre la significancia estadística entre

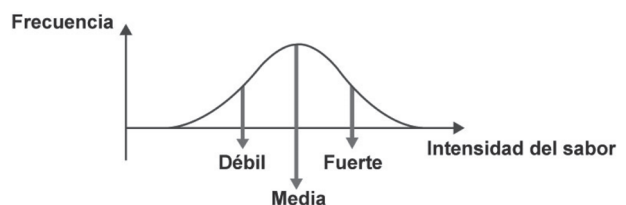
dos frecuencias y no determina la magnitud de la diferencia (Angulo y O'Mahony, 2005).

La similitud de las pruebas pareadas, tanto afectivas como discriminatorias, se manifiesta en que el juez consumidor o el catador, respectivamente, deben emitir un juicio forzado, y el manejo estadístico de los datos, en ambos casos, se realiza mediante el estadístico binomial. Este aspecto ha sido modificado bajo el modelo Thurstoniano, ya que en el enfoque binomial no toma en cuenta la variabilidad de los evaluadores.

La variación de la intensidad del estímulo puede representarse por una distribución de frecuencias continuas a lo largo de un eje de intensidad (Figura 3), donde la altura de la distribución representa la frecuencia para cada intensidad. La altura máxima se corresponde con la intensidad media que más comúnmente ocurre, pero la frecuencia desciende en las intensidades débil y fuerte.

La intensidad momentánea al degustar corresponderá a algún valor a lo largo del eje, y cuan común sea este valor estará representado por la distribución (O'Mahony, 1992).

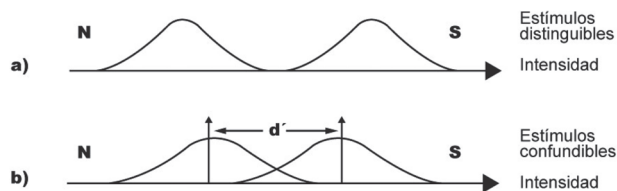
Figura 3. Distribución de frecuencias a lo largo del eje de intensidad que representa la variación en la percepción del estímulo en degustaciones repetidas (O'Mahony *et al.*, 1994).



La Figura 4a representa las distribuciones de intensidades del estímulo de dos muestras de alimentos: «N» y «S» que no se superponen, y por ello son perfectamente distinguibles.

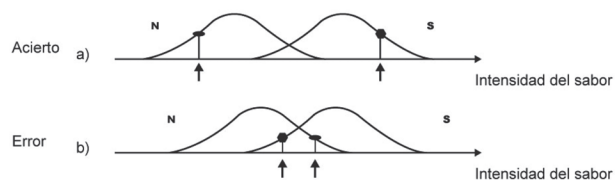
Obviamente, mientras más se superponen las distribuciones, más confundibles serán los estímulos; una medida de la superposición es d' (Figura 4b) que es la distancia entre las dos medias, medida en unidades de desviación estándar.

Figura 4 a y b. Distribución de frecuencias de la intensidad del sabor de dos estímulos mediante el modelo Thurstoniano (O'Mahony *et al.*, 1994).



La Figura 5 muestra las situaciones en que un juez puede emitir respuestas correctas o erradas. Si el alimento «S» es de mayor intensidad que el alimento «N», y en el instante de la cata se presenta la situación 5(a) el juez percibe el alimento «S» como más intenso y emitirá una respuesta correcta. Si en el momento de la degustación se da la situación 5(b), el juez cometerá un error en su respuesta. Como se observa, la probabilidad de que suceda un escenario tal como se muestra en la Figura 5a es mucho mayor que la frecuencia de ocurrencia de la situación en 5b.

Figura 5 a y b. Distribución de frecuencias de la intensidad percibida de dos estímulos confundibles mediante el modelo Thurstoniano (O'Mahony *et al.*, 1994).



Por otra parte, el análisis thurstoniano ha facilitado la comparación de los métodos sensoriales a través del cálculo del parámetro d' como índice del grado de diferencia entre los productos, lo cual no es posible realizar sin tener en cuenta este estadígrafo (O'Mahony, 1992; Ennis y Ashby, 1993; Bi y Ennis, 1997; Ennis *et al.*, 1998; Bi y Ennis, 2001; Rousseau y Ennis, 2002; Angulo y O'Mahony, 2005).

Teoría de Detección de Señales

Por su parte, la Teoría de Detección de Señales (Green y Swets, 1966) postulada para evaluar estímulos auditivos y visuales, comparte muchos de sus enunciados con el modelo Thurstoniano. En la teoría de detección de señales se parte del supuesto de que la sensibilidad de un sistema depende de las características físicas del estímulo y de los aciertos que los observadores puedan alcanzar, por lo que permite distinguir dos conceptos: la detección objetiva del estímulo y el criterio de decisión que adopta el observador en un momento dado.

El acercamiento esencial entre el modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales es reconocer la naturaleza probabilística de los datos sensoriales. Para una prueba de diferencia, el acercamiento considera dos distribuciones de la intensidad percibida, cada una asociada a cada estímulo que va a ser discriminado (Kim *et al.*, 2006).

La Teoría de Detección de Señales y el ajuste thurstoniano ofrecen una comparación métrica de la sensibilidad de diferentes pruebas de discriminación, tomando en cuenta la dificultad inherente a los procedimientos y al hacer algunas suposiciones razonables sobre las estrategias empleadas por los jueces en las pruebas sensoriales (Frijters, 1979; Ennis, 1993; O'Mahony *et al.*; 1994).

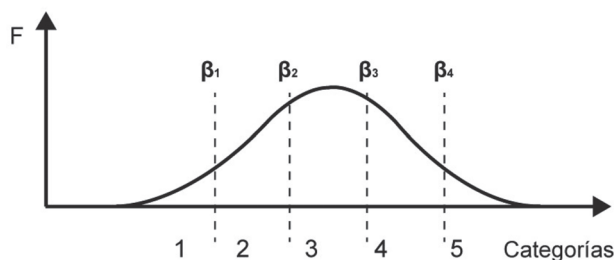
El modelo Thurstoniano y la Teoría de Detección de Señales se han aplicado a pruebas de diferencia y han suministrado una medida fundamental del grado de diferencia entre dos estímulos (d'). Estos modelos fueron aplicados primero a la prueba 2-AFC, la triangular y dúo-trío; estos ensayos han sido utilizados para confeccionar las tablas que permiten la determinación de los d' correspondientes a las proporciones de respuestas correctas para los procedimientos discriminativos de respuesta forzada.

Párametro d' (d prima)

El parámetro d' es una medida del grado de diferencia sensorial entre dos productos. Este parámetro permite la comparación de pruebas de diferencia con probabilidades de respuesta aleatoria diferentes, algo que no se podría hacer al aplicar el modelo binomial tradicional. Por lo tanto, d' es una medición básica, fundamental, pues es independiente de la metodología aplicada. No es fácil entender el concepto de d' sin antes usarlo. A fin de tener una idea de lo que representa, es útil saber que cuando d' es igual a uno, representa la diferencia entre dos estímulos que apenas se perciben como diferentes (Angulo y O'Mahony, 2009a). El valor de d' se puede obtener de varias maneras: empleando las tablas reportadas por Bi y Ennis en 1997, elaboradas entre otros parámetros, a partir de la proporción de respuestas correctas o de la transformación de los datos a formas más adecuadas cuando de escalas hedónicas se trata. Además se puede estimar la varianza de d' y conocer si el valor obtenido difiere significativamente del valor cero (Bi y Ennis, 1997).

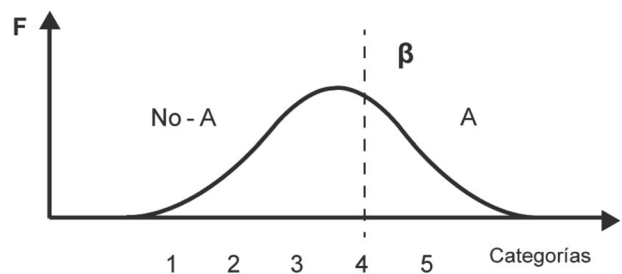
En el caso de una escala de categorías, el cálculo de d' se explica a través de la teoría de detección de señales, de manera que en una escala de n puntos (Figura 6), el juez considera $n-1$ bandas del criterio cognitivo β , y para asignar la categoría tres de la escala a un alimento, el estímulo que éste provoca debe ser mayor que el criterio β_2 y menor que el criterio β_3 (Kim y O'Mahony, 1998).

Figura 6. Bandas límites del criterio β en una escala de cinco puntos.



Otra forma de interpretar el comportamiento del juez es homologando la escala de categorías a una prueba del tipo A No-A. En este tipo de prueba, el juez, una vez ajustado un único criterio β , lo considera No-A y lo ubica en la parte baja de la escala, o si éste se encuentra después del criterio β , lo ubica en la parte superior de la escala correspondiente al estímulo A (Fig.7).

Figura 7. Bandas del criterio β en una escala de cinco puntos.



Para obtener el valor d' a partir de los resultados de una escala de categoría, se puede aplicar el procedimiento descrito por la ASTM E 2262 (2003) donde se considera el procedimiento similar al de la prueba de diferenciación A No-A, que a su vez se basa en la teoría de detección de señales. En este caso, el ruido neural se simula con la muestra No-A que corresponde a aquella muestra que presente mayor frecuencia en las categorías bajas de la escala, mientras la muestra que presente mayor frecuencia en las categorías altas de la escala será la señal. Esto indica que la $P_{(A)}$ será mayor que la $P_{(No A)}$.

De esta manera, las diferencias entre ruido y señal serán distinguibles cuando ocurra el adecuado ajuste de los criterios cognitivos correspondientes y las muestras puedan ser consideradas de diferente nivel de agrado.

Así mismo, el parámetro d' puede utilizarse en las pruebas de preferencia para estimar la tendencia de la preferencia. (Angulo y O'Mahony, 2009b). Los resultados reportados hasta la fecha sugieren que el cálculo de d' , en este tipo de prueba, podría ser utilizado para comparar métodos hedónicos que utilicen o no la opción de «No Preferencia» (NP).

La aplicación del modelo Thurstoniano en pruebas de preferencia es más compleja debido al sesgo experimental que puede ocurrir. Para ello es necesario comparar los valores de d' obtenidos bajo el formato con la opción «NP» y sin esta opción. Una forma de obtener esta información es utilizando dos grupos de consumidores, pero puede atribuirse la diferencia en las preferencias a cada grupo de consumidores, lo cual dificultará la comparación. El diseño alternativo es el de muestras dependientes, es decir, utilizar el mismo grupo de consumidores bajo las dos opciones (Alfaro *et al.*, 2005).

En condiciones en las que los jueces prueban los mismos alimentos, se espera que el uso de diferentes pruebas sensoriales dieran como resultado los mismos valores de d' , pero las pruebas varían sustancialmente en términos de variaciones sensoriales. Estas variaciones son inducidas por las diferencias en la secuencia entre probar las muestras y el agotamiento de los jueces, y por lo tanto, no darán como resultado los mismos valores de d' (Alfaro *et al.*, 2005). Esta problemática fue explicada por el modelo de «Análisis Secuencial de la Sensibilidad» (ASS) descrito por O'Mahony y Odber, (1985), y por el modelo Condicional de Estímulos (Ennis, 1992). Estos modelos han sido estudiados por varios investigadores (O'Mahony y Goldstein, 1986; Vié y O'Mahony, 1989; Masuoka *et al.*, 1995; Rousseau y O'Mahony, 1997).

El modelo ASS describe la relación de los efectos de secuencia de degustación en las pruebas de diferencia considerando cuán adecuadamente los dos estímulos son detectados e identificados correctamente, al ser diferenciados en una prueba de discriminación. La detección de un estímulo es considerada como dependiente de las propiedades del estímulo precedente.

Estos modelos explican el efecto de la secuencia y su relación con el desempeño discriminatorio de los evaluadores. Al presentar un estímulo fuerte y dos estímulos débiles, el

desempeño sería superior que para tríadas, con dos estímulos fuertes y un estímulo débil, lo que confirma el desempeño de los evaluadores en la prueba 3-AFC como superior con relación a la prueba triangular.

Como metodología revolucionaria, el modelo Thurstoniano genera controversias, se plantea (O'Mahony *et al.*, 1994) que la principal deficiencia del modelo Thurstoniano consiste en que se habla de la variabilidad de la intensidad de la percepción, sin intentar explicar por qué. Además, está el planteamiento de que las distribuciones probabilísticas de dos estímulos son independientes, lo que implicaría suponer que no existen interacciones entre ellos.


Uno de los modelos que perfeccionan al patrón Thurstoniano lo constituye el Análisis Secuencial de la Sensibilidad, que ha demostrado la dependencia de un estímulo del que le ha precedido.

Conclusiones

Las teorías que encierra el modelo Thurstoniano, así como el refinamiento y la evolución del mismo, han sido ampliamente investigadas en los últimos años, generando una revisión teórica de los fundamentos de la metodología sensorial, así como de los métodos estadísticos tradicionales empleados para el análisis de los datos.

El progreso en las investigaciones psicofísicas y su indiscutible relación con la evaluación sensorial ha tenido importantes avances, pero aún queda mucho por investigar en este campo, para lo cual se requiere de grupos multidisciplinarios que aborden los aspectos fisiológicos, psicofísicos, estadísticos y propiamente sensoriales. De ello dependerá el desarrollo de la disciplina de evaluación sensorial, lo cual permitirá corregir errores y perfeccionar los métodos para finalmente tener una visión más cercana a los fenómenos que rigen la percepción humana.

Literatura citada

- ALFARO, H., M. O'Mahony and O. Angulo. 2005. Paired preferences test: d_2 values from Mexican consumer with various response options. *Journal of Sensory Studies* 20: 275-81.
- ANGULO, O. and M. O'Mahony. 2005. The paired preference test and the no preference option: Was Odesky correct? *Food Quality and Preference* 16: 425-34.
- ANGULO, O. y M O'Mahony. 2009a. Las pruebas de preferencia en alimentos son mas complejas de lo imaginado. *Interciencia* 34:177-181.
- ANGULO, O. y M O'Mahony. 2009b. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, Vol. 59 N° 4.
- ASTM: E 2262-03. 2003 Standard Practices for Estimating Thurstonian Discriminal Distances. American society for testing and materials.
- BEIDLER, L.1954. A theory of taste stimulation. *Journal genetic Physiology* 38: 133.
- BI, J. and D.M. Ennis. 2001. Statistical models for the «A» – «Not A» method. *Journal Sensory Studies*16: 215-237.
- BI, J. and D. Ennis. 1997. How to estimate and use the variance of d_2 from difference tests. *Journal Sensory Studies* 12:87-104.
- ELLIOT, P. 1964. Tables de d_2 in J.A. Swets: Signal detection and recognition by human observers. John Wiley Ed. New York, 683 p.
- ENNIS, D. and F. Ashby. 1993. The relative sensitivities of same-different and identification models to perceptual dependence. *Psychometrika* 58:257-279.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1985. The effect of dimensionality on results from the triangular method. *Chemical Senses* 10:605-608.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1986a. A multivariate model for discrimination methods. *Journal Mathematical Psychology* 30:206-219.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1986b. Theoretical aspects of sensory discrimination. *Chemical Senses* 11:513-522.
- ENNIS, D. and K. Mullen. 1992. Probabilistic psychophysics with noisy stimuli. *Mathematical Science* 23:221-234.
- ENNIS, D. 1992. Modeling similarity and identification when there are momentary fluctuations psychological magnitudes. In *Multidimensional Models of Perception and Cognition*, F.G. Ashby, ed. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.279–298 p.
- ENNIS, D. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal Sensory Studies* 8:353-370.
- ENNIS, J., D. Ennis, D. Yip and M. O'Mahony. 1998. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *Brit Journal Mathematical Statistical Psychology* 51:205-215.
- FECHNER, G. 1860. *Element der Psychophysik*, Leipzig: Breitkopf und Hartel.
- FRIJTERS, J. 1979. The paradox of discriminatory nondiscriminators resolved. *Chemical Senses and Flavor* 4: 355-58.
- FRIJTERS, J. A., Kooistra and P. Vereuken. 1980. Tables of d_2 for the triangular method and the 3-AFC signal detection procedure. *Perception Psychology* 27:176-178.
- GREEN, D. and J. Swets.1966. *Signal Detection Theory and Psychophysics*, New York, Ed. John Wiley and sons.
- HACKER, M. and R. Ratcliff. 1979. Revised table of d_2 for M-alternative forced choice. *Perception Psychophysical* 26:168-170.
- KIM, H., O. Kim, S. Jeon, J. Kim and M. O'Mahony. 2006. Thurstonian models and variance II: Experimental confirmation of the effects of variance on thurstonian models of scaling. *Journal Sensory Studies* 21:465-484.
- KIM, K. and M O'Mahony. 1998. A new approach to category scales of intensity I. Traditional versus rank-rating. *Journal Sensory Studies* 13: 241-249.
- MACMILLAN, N. and C. Creelman. 2005. *Detection Theory: A User's Guide*, 2nd Ed. New York: Cambridge University.
- MASUOKA, S., D., Hatjopoulos and M. O'Mahony. 1995. Beer bitterness detection: testing Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis models for triad and tetrad methods. *Journal Sensory Studies* 10:295-306.
- MEILGAARD, M., G. Civille, and B. Carr. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. 4thEd. Florida: CRC Boca Press, 2007. 48 p.
- NOREEN, D.1981. Optimal decision rules for some common psychophysical paradigms. In *Mathematical psychology and psychophysiology* 13: 237-279. Proceedings of the symposium in applied mathematics of the American Mathematical Society and the Society for Industrial Applied Mathematics (S. Grossberg Ed)
- O'MAHONY, M., S. Masuoka and R. Ishii. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *Journal Sensory Studies* 9: 247-272.
- O'MAHONY, M. and N. Odbert. 1985. A comparison of sensory difference testing procedures Sequential Sensitivity Analysis and aspects of taste adaptation. *Journal Food Science* 50:1055-1058.
- O'MAHONY, M. and L. Goldstein. 1986. Effectiveness of sensory difference tests: Sequential sensitivity analysis for liquid food stimuli. *Journal Food Science*:51: 1550-1553.
- O'MAHONY, M. 1992. Understanding discrimination tests: A user-friendly treatment of response bias, rating and ranking R -Index tests and their relationship to signal detection. *Journal Sensory Studies* 7:1-47.
- ROUSSEAU, B. 2001. The b-Strategy: an Alternative and powerful cognitive strategy when performing sensory discrimination tests. *Journal Sensory Studies* 16: 301-318.
- ROUSSEAU, B. and M. O'Mahony. 1997. Sensory difference tests: Thurstonian and SSA predictions for vanilla flavored yogurts. *Journal Sensory Studies*12:127-146.
- ROUSSEAU, B. and D. Ennis. 2002. The multiple dual-pair method. *Perception Psychophysics* 64:1008-1014.
- STEVENS, S. 1957. On the psychophysics law. *Psychological Review* 64: 153-181
- THURSTONE, L. 1927a. A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34: 278-286.
- THURSTONE, L. 1927b. Psychophysical analysis. *American Journal Psychology* 38:368-389.
- THURSTONE, L. 1927c. Three psychophysical laws. *Psychological Review* 34: 424-432.
- URA, S. 1960. Pair, triangle and duo-trio test. Reports of Statistical Application Research. *Japanese Union of Scientists and Engineers* 7: 107-119.
- VIÉ, A. and M. O'Mahony. 1989. Triangular difference testing: Refinement of sequential analysis for predictions for individual triads. *Journal Sensory Studies* 4:87-103. 

Este artículo es citado así:

Álvarez-Coureaux, Y., y A. Manresa-González. 2012: *Contribución de tres modelos en pruebas sensoriales de diferencia en alimentos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(3): 165-173.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

YAMILA ALVAREZ-COUREAUX. Terminó su licenciatura en 1995, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Ciencias Farmacéutica por la Facultad de Farmacia y Alimentos de la Universidad de la Habana. Realizó sus postgrados en Cuba donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Toxicología experimental en el 2002 y el grado de Doctor en Ciencias de los alimentos en 2011, otorgado por la Universidad de la Habana, Cuba. Ha laborado como docente y consultora en varias universidades en Ecuador, como Universidad San Francisco de Quito, Universidad Salesiana; actualmente labora en el Centro de Formación e Integración Profesional de Montreal - Canadá. Ha sido miembro del comité CODEX- Ecuador, 2005-2011. Es consultora de OPS-Ecuador y directora del Instituto Sensorial de los Alimentos. Su área de especialización es el análisis sensorial. Ha dirigido 15 tesis de ingeniería de alimentos. Es autora de varios artículos científicos, de ponencias en congresos, además ha impartido 15 conferencias por invitación y ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.