

Audiómetro de Békésy – Békésy audiometer

Authored by
memjavad

November 6, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *Audiómetro de Békésy – Békésy audiometer*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=3075>

Audiómetro de Békésy

Campo(s) Disciplinario(s) Principal(es): Audiología Clínica, Biofísica Sensorial, Otorrinolaringología

1. Definición y Contexto Histórico

El audímetro de Békésy es un instrumento electroacústico especializado diseñado para la medición automática y continua de los umbrales auditivos de un paciente a través de un espectro de frecuencias. Desarrollado por el biofísico húngaro-estadounidense **Georg von Békésy** (1899-1972) en la década de 1940, este dispositivo representó una innovación fundamental en la audiología diagnóstica, transformando la metodología de la medición subjetiva de la audición. A diferencia de la audiometría manual tradicional, donde el examinador ajusta la intensidad en pasos discretos, el audímetro de Békésy permite al propio paciente trazar su umbral, resultando en un registro gráfico continuo conocido como el **audiograma de Békésy**. El trabajo seminal de Von Békésy sobre la mecánica de la cóclea y la percepción auditiva le valió el [Premio Nobel de Fisiología o Medicina](#) en 1961, consolidando la importancia científica de sus inventos y su impacto en la comprensión de la audición humana.

Antes de su invención, la determinación precisa de los umbrales auditivos era un proceso laborioso y susceptible a la variabilidad introducida por el examinador. Békésy conceptualizó un método que no solo aceleraba el proceso, sino que también proporcionaba información diagnóstica crucial sobre el sitio de la lesión auditiva, algo que la audiometría de tono puro estándar a menudo pasaba por alto. La automatización del proceso permitió obtener curvas detalladas de la sensibilidad auditiva en función de la frecuencia, revelando fenómenos como la **adaptación auditiva** y el reclutamiento, elementos esenciales para diferenciar entre hipoacusias cocleares (sensoriales) y retrococleares (neurales). La capacidad de este instrumento para registrar la fatiga auditiva a tonos continuos fue su característica más revolucionaria.

La introducción de este audímetro permitió la estandarización de las pruebas y abrió la puerta a investigaciones profundas sobre la fisiopatología del oído interno. El diseño original incorporaba un sistema de retroalimentación donde el paciente pulsaba un interruptor cuando escuchaba el tono y lo soltaba cuando dejaba de escucharlo. Este ciclo constante de ajuste de intensidad, controlado por el paciente, generaba la característica traza en zigzag que es el sello distintivo del audiograma de Békésy. Este enfoque automatizado fue rápidamente adoptado en entornos clínicos y de investigación, demostrando ser particularmente útil en estudios de fatiga auditiva, simulación y audiología industrial.

2. Principios Fundamentales de Funcionamiento

El principio operativo central del audímetro de Békésy reside en la **audiometría de umbral automático**. El instrumento genera un tono puro cuya frecuencia se varía continuamente, generalmente en un barrido logarítmico (por ejemplo, de 100 Hz a 10,000 Hz) a lo largo del tiempo de la prueba. Simultáneamente, la intensidad del tono se modula automáticamente. Esta modulación de intensidad está directamente controlada por la respuesta motora del sujeto. Cuando el paciente percibe el tono, presiona un interruptor, lo que hace que la intensidad del tono disminuya a una tasa preestablecida (típicamente 2.5 dB/segundo). Cuando el paciente deja de percibir el tono, suelta el interruptor, lo que provoca que la intensidad aumente a la misma tasa.

Este mecanismo de retroalimentación constante asegura que el trazado de la pluma gráfica se mantenga oscilando alrededor del verdadero umbral auditivo del paciente. La amplitud de estas oscilaciones (la diferencia entre el punto en que el paciente presiona y suelta el interruptor) es un indicador de la capacidad discriminativa del sujeto y, en un individuo normoyente o con pérdida conductiva, esta oscilación se mantiene constante, típicamente en un rango de 5 a 10 dB. La velocidad de barrido de frecuencia y la tasa de cambio de intensidad son parámetros que deben ser calibrados con precisión, ya que afectan directamente la morfología del trazado y la fiabilidad del umbral registrado.

Existen dos modalidades principales de presentación del estímulo que definen las curvas obtenidas y que son esenciales para el diagnóstico topográfico: el **tono continuo** y el **tono pulsado** (o interrumpido). El tono continuo se utiliza para evaluar el fenómeno de la adaptación auditiva, es decir, cómo el sistema auditivo reacciona a una estimulación constante. El tono pulsado, al presentar el estímulo en ráfagas breves con pausas intermedias, permite que el oído se recupere, reflejando así el umbral de tono puro más estable. La divergencia significativa entre las curvas obtenidas bajo estas dos condiciones es el elemento clave para la clasificación de Jerger y la identificación de patología retrococlear.

3. Tipos de Audiometría de Békésy (Clasificación de Jerger)

La aplicación clínica del audímetro de Békésy se consolidó gracias al trabajo de **James Jerger**, quien en 1960 introdujo una clasificación de cinco tipos de curvas basadas en la relación y la separación entre los umbrales medidos con tonos continuos y tonos pulsados. Esta clasificación es fundamental para el diagnóstico topográfico, permitiendo inferir la ubicación anatómica de la lesión auditiva. La clave interpretativa reside en la manifestación o ausencia de la **fatiga auditiva patológica** (*tone decay*).

El **Tipo I** y el **Tipo II** se consideran patrones de adaptación normales o moderados. El Tipo I es característico de la audición normal o de pérdidas auditivas conductivas; en este caso, las curvas de tono pulsado y continuo se superponen o están separadas por un máximo de 10 dB en todo el rango de frecuencias. El Tipo II, en cambio, es típicamente asociado con la **patología coclear**

(sensorial). En el Tipo II, la curva continua se superpone a la pulsada en las frecuencias bajas, pero cae gradualmente entre 10 y 20 dB por debajo de la curva pulsada a medida que se avanza hacia las frecuencias altas. Esta caída indica una adaptación ligera o moderada, común en casos de presbiacusia o enfermedad coclear leve.

Los **Tipos III y IV** son los patrones más críticos, ya que sugieren una lesión retrococlear (neural), comúnmente asociada con tumores del nervio acústico o schwannomas vestibulares. En el **Tipo III**, la curva continua cae de forma progresiva y dramática, superando los 20 dB de separación con respecto a la curva pulsada, a menudo hasta que el umbral se desplaza fuera del rango máximo del audiómetro. Esta caída representa una adaptación patológica extrema. El **Tipo IV** es similar al Tipo III, pero la separación significativa entre las curvas ocurre desde el inicio del barrido de frecuencia, incluso en las frecuencias más bajas. Ambos tipos son fuertes indicadores de patología en el nervio auditivo. Por último, el **Tipo V** es el patrón de la simulación o pérdida no orgánica, donde la curva continua se registra a un umbral mejor (más sensible) que la curva pulsada, sugiriendo que el paciente está controlando intencionalmente su respuesta para exagerar la pérdida en la condición pulsada.

4. Componentes Clave del Instrumento

El diseño del audiómetro de Békésy integra elementos mecánicos y electrónicos para lograr la medición automática. El componente esencial es el **oscilador de frecuencia variable**, que genera el tono puro y está diseñado para barrer automáticamente un amplio rango de frecuencias. Este oscilador debe mantener una precisión tonal rigurosa durante todo el barrido para garantizar la validez del audiograma. El oscilador está acoplado a un **atenuador automático**, que es el mecanismo que controla el nivel de intensidad del sonido presentado al paciente, y que está directamente vinculado al sistema de registro y al interruptor de respuesta.

El **sistema de registro gráfico**, históricamente una característica definitoria del Békésy, consiste en un tambor giratorio o una mesa de registro móvil. El movimiento horizontal de la pluma o del papel representa la frecuencia (el barrido), mientras que el movimiento vertical de la pluma está directamente controlado por el atenuador, representando la intensidad en dB HL. La pluma, al oscilar según las respuestas del paciente, dibuja el patrón de umbral en zigzag. Los modelos modernos han reemplazado este sistema mecánico con interfaces digitales que capturan y grafican los datos en tiempo real, manteniendo los mismos principios de retroalimentación.

El **interruptor de respuesta del paciente** es el punto de interacción crucial. Es un simple pulsador que, al ser activado o desactivado por el paciente, invierte la dirección del atenuador (aumentando o disminuyendo la intensidad). La tasa de cambio de intensidad y la velocidad del barrido de frecuencia son parámetros de diseño fijos que influyen en la morfología de la oscilación de la traza. La estandarización de estos parámetros es esencial para que los resultados sean

comparables y puedan ser clasificados con precisión mediante los Tipos de Jerger.

5. Aplicaciones Clínicas y Diagnósticas

La aplicación fundamental del audiómetro de Békésy reside en el **diagnóstico topográfico de la hipoacusia**. La comparación entre las curvas de tono continuo y pulsado permite al audiólogo determinar la localización de la patología auditiva: si la pérdida es conductiva (oído medio), coclear (oído interno/células ciliadas) o retrococlear (nervio auditivo). Esta diferenciación es vital, ya que las lesiones retrococleares, especialmente los schwannomas vestibulares, requieren una intervención médica o quirúrgica urgente y específica.

Históricamente, el audiómetro de Békésy fue la prueba de elección para la evaluación de la **fatiga auditiva** o el *tone decay*. La fatiga auditiva es un fenómeno fisiológico donde la percepción de un tono constante disminuye con el tiempo. Cuando esta fatiga es extrema y patológica (Tipos III y IV), es un indicio muy fuerte de que el nervio auditivo no puede sostener la transmisión de la señal, lo que apunta a una lesión neural. Aunque existen pruebas de fatiga auditiva más específicas y cuantitativas en la actualidad, el Békésy sigue siendo un excelente método de cribado.

Otra aplicación relevante se encuentra en la **audiología ocupacional** y la evaluación de la aptitud laboral. El formato automatizado del Békésy permite el cribado rápido y eficiente de grandes grupos de trabajadores expuestos a ruido industrial. Esto facilita la detección temprana de desplazamientos del umbral auditivo inducidos por el ruido, permitiendo la implementación de programas de conservación auditiva de manera oportuna. Asimismo, el patrón de Tipo V de Jerger ha sido tradicionalmente utilizado para la detección de la simulación o la **pérdida auditiva no orgánica**, aunque esta aplicación también se complementa hoy en día con pruebas objetivas como las emisiones otoacústicas.

6. Ventajas y Limitaciones del Método

Las **ventajas** del audiómetro de Békésy son significativas, especialmente en el contexto de su época de invención. La más evidente es la **eficiencia temporal**; la prueba automática es considerablemente más rápida que una audiometría manual exhaustiva. Además, la naturaleza automática de la prueba minimiza la influencia del examinador, resultando en una medición más objetiva del umbral subjetivo del paciente, reduciendo el **sesgo del operador**. La información diagnóstica proporcionada por la morfología de la traza, particularmente la clasificación de Jerger, ofrece una diferenciación topográfica que no está disponible en la audiometría de tono puro estándar.

No obstante, el método de Békésy presenta importantes **limitaciones**. Su principal debilidad radica en la estricta dependencia de la comprensión y la cooperación del paciente. La prueba

requiere una **respuesta motora precisa y sostenida**; si el paciente tiene un tiempo de reacción lento, inconsistente, o si no comprende la tarea (presionar cuando escucha, soltar cuando no), los resultados serán artefactados o ininterpretables. Esto restringe su utilidad en poblaciones pediátricas, pacientes con discapacidades cognitivas o aquellos con limitaciones motoras severas.

Además, la interpretación de los Tipos de Jerger, aunque históricamente crucial, no es infalible. Si bien los Tipos III y IV son altamente sugestivos de patología retrococlear, no son perfectamente sensibles ni específicos. La confirmación de lesiones neurales requiere actualmente pruebas electrofisiológicas más precisas, como los **Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Encefálico (ABR)** o técnicas de neuroimagen (RM). La evolución tecnológica ha relegado al Békésy de ser una herramienta diagnóstica primaria a un método de cribado o complementario en muchos entornos clínicos avanzados.

7. Legado e Impacto en la Audiología Moderna

El legado de Georg von Békésy y su audiómetro es profundo y duradero, ya que estableció el marco conceptual para toda la **audiometría automatizada**. La idea de que un dispositivo puede rastrear continuamente el umbral auditivo basándose en la retroalimentación del paciente fue un avance tecnológico que influenció el diseño de todos los audiómetros posteriores, incluyendo los sistemas modernos de prueba de umbral digital y autoadministrada. Este principio de auto-trazado es fundamental para la eficiencia de las clínicas contemporáneas.

La clasificación de Jerger, directamente derivada de los patrones de las curvas del Békésy, proporcionó a los audiólogos un método sistemático para la diferenciación de lesiones en una época en la que las herramientas objetivas eran limitadas. Esta clasificación fue pionera en la correlación de un hallazgo funcional (la adaptación patológica) con una localización anatómica específica, impulsando la investigación en la fisiología auditiva y la neurotología. El concepto de **adaptación patológica**, aunque ahora medido con mayor precisión mediante el *tone decay test* o el ABR, fue popularizado y comprendido gracias a la visualización continua que ofrecía el audiómetro de Békésy.

En resumen, el audiómetro de Békésy es un hito que marcó la transición de la audiolgía de una práctica basada en la observación a una disciplina científica y diagnóstica rigurosa. Aunque las pruebas objetivas han tomado la delantera en el diagnóstico topográfico, los principios de la audiometría de umbral automático y la importancia de evaluar la adaptación auditiva siguen siendo pilares fundamentales de la evaluación auditiva moderna, asegurando que la contribución de Békésy permanezca relevante en la historia de la audiolgía.

Lecturas Adicionales

[Georg von Békésy - Wikipedia](#)

[Békésy Audiometry \(ScienceDirect Topic Overview\)](#)

[Jerger's Classification of Békésy Audiograms: A Historical Perspective](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM