

## **CUESTIONES TEORICAS Y PROGRESOS EMPIRICOS SOBRE LOCALIZACION DE FUENTES SONORAS (1865-1950)**

**Enric Munar i Roca**

**Departament de Psicologia de la Universitat de les Illes Balears**

### **RESUMEN**

Podemos hallar las primeras pruebas empíricas sobre localización de fuentes sonoras en los albores de la psicología científica. Por tal motivo, en el presente trabajo se realiza un análisis de contenido de aquellas publicaciones sobre la materia desde la época del establecimiento del primer laboratorio hasta los años 40 del siglo XX. Se exponen cuestiones y controversias teóricas, pero sobre todo aquellos progresos empíricos más relevantes relacionados con la mencionada habilidad del sistema auditivo

### **ABSTRACT**

Prime empirical evidences on localization of sound sources are works carried out during the scientific psychology beginning. So, in this paper, a content analysis of publications on this matter from time of prime laboratory to 40th years is realized. Theoretical questions and controversies are expounded, but about empirical progress more outstanding related with this ability of auditory system

Presentamos una perspectiva histórica de los avances teóricos y empíricos en el problema de la localización de fuentes sonoras. El período abordado es el que comprende desde los inicios de la psicología científica hasta las inmediaciones del fin de la Segunda Guerra Mundial. A partir de este momento, existirá un importante cambio tecnológico, muy relacionado con el tema que nos ocupa.

Weber (1851) señala lo que él considera una serie de "errores de localización", es decir, casos en que la localización del evento subjetivo no coincide con la localización física concreta de la fuente sonora. En cambio no es hasta 1933 cuando Lungwitz hace una distinción clara entre la localización del evento sonoro y la localización del evento auditivo, evento sonoro producido por la fuente sonora y evento auditivo producido por el sistema perceptual auditivo, ambos con términos propios de tiempo, espacio y otros atributos. Por tanto, es evidente que la localización del evento auditivo es substancia propia de estudio para la psicología.

A pesar que delimitemos la investigación psicológica a la localización del evento auditivo, no por ello descubriremos un campo de estudio homogéneo y acotado. Por tanto, se crearán una serie de apartados con el fin de presentar una información más apropiada de la materia. De ahí se deriva la organización anacrónica de los avances producidos.

### **ASPECTOS FISICOS**

**Cabeza:** Lord Rayleigh (1904) y Stewart (1911, 1914, 1916) son pioneros en la descripción matemática del campo sonoro en la superficie de una esfera rígida, como símil a los efectos de la cabeza. Concretamente Stewart (1914) calcula la dependencia de los coeficientes de difracción de una esfera sobre la distancia de la fuente sonora. Hartley & Fry (1921), Firestone (1930) y de Boer & Vermeulen (1939) realizarán sus investigaciones en la misma línea pero con modelos más análogos a la cabeza humana.

**Pabellón externo:** Schelhammer (1684), al analizar orejas de animales, cree que es posible describir el cambio del sonido mediante construcciones geométricas, utilizando el concepto de rayos y, precisamente, el fenómeno físico de reflexión. Esta hipótesis también es apoyada por Steinhauser (1877, 1879). Petri (1932) continuará la tesis de Schelhammer observando orejas humanas, apuntará que aquellos rayos que no ataquen la zona abierta del canal auditivo no alcanzarán esta área del oído y que producirán un efecto de sombra sobre los rayos restantes. Aunque el estudio del sonido siguiendo el modelo físico de rayos no es correcto y, en concreto, este conjunto de propuestas al no incorporar también los efectos de dispersión y difracción.

Perekalin (1930) y Young (1931) estudian los efectos del pabellón externo del oído, utilizan tubos de goma insertados en el canal auditivo a fin de transmitir la señal sin la intervención de la anatomía exterior. Posteriormente, de Boer & van Urk (1941) advertirán que, en estas condiciones, el evento auditivo aparece dentro de la cabeza. En cambio, Henneberg (1941) afirmará que el pabellón externo tiene una función exclusivamente preservativa.

**Canal auditivo:** Von Békésy (1932) emprenderá el estudio de las cuestiones físicas del canal auditivo.

**Tímpano:** Tröger (1930) y Sivian & White (1933) iniciarán las medidas físicas del tímpano relacionadas con la audición, midiendo la impedancia para ondas sinusoidales de 200 a 5.000 Hz.

## LOCALIZACION EN DIRECCION HORIZONTAL

**Hipótesis globales:** Kupper (1874), dentro de lo que él llama teoría táctil (refiriéndose al tímpano), indica que diferentes direcciones del sonido afectarán diferentes partes del tímpano.

**Localización borrosa:** Politzer (1876) descubre que si desplazamos la fuente sonora lateralmente la localización borrosa aumenta. Este fenómeno recibirá apoyo empírico de Bloch (1893), Perekalin (1930), Stevens & Newman (1936) y van Gilse & Roelofs (1937). El primer valor de localización borrosa en un desplazamiento horizontal viene dado por Klemm (1920) con valores entre 0.75-2 grados para impulsos sonoros. King & Laird (1930) obtienen un valor de 1.6 grados con un tren de impulsos y Stevens & Newman (1936) 4 grados con sinusoides.

**Confusiones delante/detrás:** Lord Rayleigh (1877) muestra las primeras pruebas empíricas de estas confusiones con posiciones simétricas cuando utilizamos señales de banda estrecha y no con las de habla (1907), y comprobará que una ligera rotación de cabeza resuelve la confusión. Perekalin (1930) y Stevens & Newman (1936) corroborarán este fenómeno, estableciendo que ocurre una gran cantidad de confusiones delante/detrás con sinusoides cuando se varía la intensidad.

Von Békésy (1930a) usando auriculares comprueba como el evento auditivo de una misma señal puede aparecer, por elección, delante o detrás, dependiendo del estado de la mente del sujeto; presenta un análogo óptico, similar al efecto por el que podemos ver el lado de un cubo transparente delante o bien detrás. Wallach (1938) nota que en los juicios donde el sujeto estaba dudoso predomina la respuesta "detrás" sobre la de "delante".

**Diferencias interaurales:** Lord Rayleigh (1877) y Steinhauser (1877, 1878) establecen que una diferencia interaural de intensidad es el único parámetro para asentar la dirección lateral de un evento auditivo, y sino el más importante. Es la llamada "Teoría de la Diferencia de Intensidad" (Matsumoto, 1897; Stefanini, 1922; Kreidl & Gatscher, 1923). Sin embargo, Matsumoto (1897) apuntará que factores como el timbre, la fase relativa y la fase absoluta pueden cooperar en la localización del sonido.

Paradójicamente Lord Rayleigh (1907) es uno de los primeros exponentes, junto a Mallock (1908), Klemm (1914, 1918), von Hombostel & Wertheimer (1920) y von Békésy

(1930a), de la "Teoría de la Diferencia de Tiempo", competidora, en un principio, con la anterior. Lord Rayleigh hace compatibles ambas, indicando que la teoría de la intensidad no es adecuada para tonos de frecuencia baja, donde no existirían diferencias de sonoridad, entonces sería una cuestión de fase-tiempo. Tesis apoyada por los descubrimientos de Halverson (1922) en que los tonos de frecuencia alta emplean menos los cambios de fase para la localización de fuentes sonoras.

Klemm (1920) y Wittman (1925) estudiarán la relación diferencias de intensidad - diferencias de tiempo y hallarán los valores de diferencia de intensidad que anulen diferencias de tiempo y viceversa, es el llamado "Factor de Compensación" (en inglés, también, "Trading Ratio").

Von Hombostel & Wertheimer (1920) en base a la "Teoría de la Diferencia de Tiempo" trazan una hipérbola bidimensional de posiciones que ocasionan la misma diferencia interaural de tiempo, o una concha cónica si es tridimensional. Van Soest (1929) apuntará que los movimientos de la cabeza resolverán el problema de la "hipérbola" o de la "concha". Los anteriores autores presentan una fórmula simple para resolver las diferencias interaurales, considerando los oídos como puntos en un espacio libre, separados por 21 cm. sin estimar los efectos de la cabeza; es la llamada "Ley Seno", debido a que iguala el incremento de espacio a una constante (21 cm.) por el seno del ángulo que forman ambos oídos con la fuente sonora. De Boer (1940a) perfeccionará la fórmula.

Hartley & Fry (1921), basándose en los cálculos de Stewart (1914), muestran la dependencia de las diferencias interaurales de intensidad sobre la distancia de la fuente sonora, pero que la diferencia de fase muestra una dependencia nula o muy suave.

Boring (1926) expone la hipótesis de que las diferencias en el número de impulsos neuronales por unidad de tiempo procesadas hacia el sistema nervioso central desde los dos oídos determina el desplazamiento del evento auditivo. Así, las diferencias de intensidad serían el atributo primario, y una señal fuerte dispararía más impulsos nerviosos que una débil. Las diferencias de tiempo primero deberían ser transformadas a diferencias de intensidad.

Von Békésy (1930a) publica un modelo de procesamiento binaural englobado en los denominados "modelos de comparación por conteo", basado en los componentes elementales de la señal.

**Habitación y fatiga:** Urbantschitsch (1881), Thompson (1882) y von Békésy (1930a) reparan como la posición lateral del evento auditivo muestra una tendencia hacia el centro después del proceso de habitación al sonido. Halverson (1922) comprueba que para la localización auditiva la fatiga sobreviene más rápidamente en frecuencias altas.

**Lateralización:** Bowdler (1908) ofrece una explicación actualmente aceptada de la lateralización de señales sinusoidales: un modelo analítico por el cual se elicitaba una reacción en el oído interno donde la señal excede un determinado umbral (Halverson, 1922; von Hombostel, 1923 y 1926). El mismo autor aporta el primer valor de diferencia interaural de tiempo para la lateralización borrosa: 7-14 microseg.; Klemm (1920) mide el valor con impulsos, estableciéndolo en 2-10 microseg.; Hecht (1922a) en 30 microseg. para señales no discretas.

En cuanto a las diferencias interaurales de intensidad, von Békésy (1930b) evalúa la lateralización borrosa con impulsos de 40 fonos, el resultado es de 1'5 dB, similar al de Upton (1936) de 1 dB obtenido con un senoide de 800 Hz. con 40-60 fonos de sonoridad y a los de Ford (1942) de 1'5 dB con 200 Hz y 0'6 dB para 2.000 Hz. Von Békésy (1930a) comprueba que la lateralización borrosa aumenta para señales con diferencias de más de 8-10 dB. Relacionado con ello Upton (1936) verifica que entre las intensidades bajas y medias la lateralización borrosa decrece, mientras que si siguen aumentando la lateralización borrosa permanece constante o crece ligeramente.

Von Békésy (1933) descubre que si interferimos un oído con ruido en la exposición de una señal lateralizada a la cual se presta atención, el evento auditivo correspondiente a la

señal cambia hacia el oído no interferido por el ruido, siendo la cantidad del cambio dependiente de la relación entre la señal y el ruido.

Fuentes sonoras coherentes: Klemm (1920) describe la "Ley de la Primera Onda Frontal" como candidata a resolver casos de presentación de dos fuentes sonoras emitiendo señales coherentes y calcula experimentalmente en 2 miliseg. el límite superior para su validez usando auriculares y señales impulso, es decir el retraso máximo entre la llegada de la señal de una fuente y la de la otra para que se dé tal efecto, el cual impone el lugar de una de las dos fuentes sonoras en la posición del evento auditivo.

De Boer (1940a,b) revela una serie de estudios respecto al fenómeno de "Localización Suma", también para resolver casos de exposición a dos fuentes emitiendo señales coherentes. Este fenómeno produce la unificación en un evento auditivo que determina su posición según las relaciones de diferencias interaurales y del tipo de señal.

### LOCALIZACION EN LA DIRECCION VERTICAL

Urbantschitsh (1881), Preyer (1887), Munsterberg (1889), von Kries (1890), Seashore (1899), Bloch (1893), Carsten & Salinger (1922) y Hecht (1922b) proporcionan los primeros resultados y las primeras hipótesis sobre la localización del evento auditivo en el plano medio.

Bloch (1893) realiza el siguiente experimento: se situaba un sonido de banda ancha delante del sujeto, si se colocaban ambas manos sobre los oídos para formar cavidades que abriesen hacia atrás, el evento auditivo pasaba a oírse atrás. Los mismos resultados obtuvieron Carsten & Salinger (1922).

Urbantschitsh (1881) observa que la posición del campo auditivo depende de la frecuencia, pero no nota la relación con el plano medio. Mientras que Myers (1914) demuestra que la dirección del evento auditivo en el plano medio depende del espectro de las señales de entrada. En cambio von Hornbostel (1926) afirmará que la audición direccional del plano medio es indirecta, y en su opinión se aprende, paso a paso, con repetidas experiencias con respecto al color del tono.

Pratt (1930) y Trimble (1934) producen las primeras investigaciones de localización en la dimensión vertical fuera del plano medio y establecen que los eventos auditivos de tonos altos se localizan en un ángulo de elevación superior que los bajos.

### DISTANCIA

Varios autores describen la relación del decremento de la distancia del evento auditivo con el aumento de sonoridad (Mach, 1865; Steinhauser, 1879; Urbantschitsh, 1881; Matsumoto, 1897; Starch & Crawford, 1909; McGamble, 1909; Steinberg & Snow, 1934; von Békésy, 1938; Mohrmann, 1939); y con el oscurecimiento del tono de la señal (Mach, 1865; Bloch, 1893; Klemm, 1913; von Hornbostel, 1923).

Sin embargo, von Kries (1890) lleva a cabo un experimento que no aclara la cuestión de la sonoridad: genera sonidos de teléfono a distancias de 35 y 75 cm, variando la intensidad de la señal sobre una amplia gama; a pesar de los cambios aleatorios en intensidad, los sujetos pueden identificar las fuentes más cercanas de las más distantes. Estos datos recibirán apoyo de Bloch (1893), Shutt (1898), Ikenberry & Shutt (1890), Pierce (1901) y Klemm (1913). Von Kries apunta la importancia de los cambios en la estructura del espectro de la señal, al igual que Bloch (1893) a causa de la no obtención de los mismos resultados al utilizar martillos como fuentes sonoras. Aunque en estas pruebas empíricas existen ciertos indicios de errores de experimentación en el procedimiento: reflexiones, indiferenciación entre el evento auditivo y el sonoro, falta de puntos de referencia.

Thompson (1882) y von Hornbostel (1923) hipotetizan que para formar la distancia del evento auditivo también se hace uso de los atributos monoaurales.

Pierce (1901) y Arps & Klemm (1913) son los primeros en presentar un valor para la distancia borrosa, dividiendo el incremento de la distancia por la distancia el resultado es de 0'13-0'15. Aunque Werner (1922) obtiene un valor doble del anterior, y, al igual que Young (1931) observa una cierta dependencia de la dirección del sonido sobre la distancia borrosa, siendo menor ésta cuando el sonido incidente está enfrente del sujeto.

Von Hornbostel (1926), Maxfield (1933) y Steinberg & Snow (1934) informan como la diferencia entre las intensidades del sonido primario y las de las reflexiones, en un espacio cerrado, suministra información al sistema auditivo referente a la distancia del sonido; el grado de coherencia de las señales de entrada es menor cuando la reflexión incrementa, de esta forma el evento auditivo primario es más difuso espacialmente cuanto más distante de la fuente.

## MOVIMIENTO DE LA FUENTE SONORA

Las únicas investigaciones halladas al respecto son las de Maxfield (1933) y Halverson (1922), éste autor reparó que cuando hay movimiento en la fuente se indica un mayor desplazamiento lateral, con la misma diferencia de fase, que en situación estática.

## FENOMENOS DESTACABLES

Eventos auditivos localizados en la cabeza: Purkyne (1860) es el primero en observar que el evento auditivo ocurre en la cabeza cuando dos señales idénticas o muy similares se presentan a ambos oídos mediante tubos (sin evitar la anatomía externa, al igual que cuando hablamos y nos tapamos las orejas. Este efecto también será comprobado por Thompson (1877, 1878), con auriculares, Urbantschitsh (1881) y Schaeffer (1890), el cual comprobará experimentalmente que las señales tienen que ser similares a tal grado que sólo ocurra un evento auditivo homogéneo.

Thompson (1877) descubre el fenómeno de los "binaural beats" (golpes binaurales?): se presentan dos tonos de frecuencia idéntica o similar a ambos oídos y ocurre un evento auditivo que oscila dentro de la cabeza en proporción a la diferencia entre las dos frecuencias, únicamente con frecuencias hasta 1.600 Hz (Peterson, 1916; Stewart, 1917; von Hornbostel, 1923, 1926).

Naturaleza de la señal: Se han indicado abundantes estudios que destacan de los cambios en la estructura del espectro de la señal (Urbantschitsh, 1881; Thompson, 1882; von Kries, 1890; Bloch, 1893; Matsumoto, 1897; Lord Rayleigh, 1907; Halverson, 1922; von Békésy, 1930a; Upton, 1936). Von Kries (1890) demuestra como señales de banda ancha, en especial las de larga duración o las repetidas varias veces, consiguen una buena correspondencia entre la dirección del sonido y la del evento auditivo, añadiendo que errores específicos ocurren con señales específicas.

Von Hornbostel (1926) alude al hecho de que el evento auditivo del canto de un pájaro cambia constantemente de posición aunque el pájaro no se mueva, como ejemplo de que los tonos puros o las señales de banda estrecha cambian la posición del evento auditivo según la frecuencia que emite la fuente de sonido cuando se compara con una fuente emisora de señales de banda ancha.

Sordera y cuestiones monoaurales: Von Betzold (1890) evidencia que si se aumenta artificialmente la sensibilidad de un oído mediante cirugía correctiva, estos sujetos inicialmente

indican un cambio sistemático de la posición de los eventos auditivos hacia el oído más sensible; después de un período de horas, días o semanas este cambio disminuye.

Varios autores comprueban que con sordera total en un oído aún hay localización medible y un valor finito de localización borrosa (Bloch, 1893; Angell & Fite, 1901a; Allers & Benesy, 1922; Rauch, 1922; Brunzlow, 1925, 1939; van Gilse, 1928; Veits, 1936; Guttich, 1937; Meyer zum Gottesberge, 1940).

Angell & Fite (1901b) prueban que con pérdida asimétrica o con sordera total en un oído, la localización borrosa decrece con la experiencia y que con el tiempo la dirección del evento auditivo coincide más y más con la de la fuente sonora.

Von Békésy (1931) apunta, por primera vez, que una presentación acústica binaural en una habitación tiene menor reverberancia que una monoaural.

## INTERACCION CON OTROS SISTEMAS

**Sistema táctil:** Kupper (1874) desarrolla la que él denomina "Teoría Táctil", refiriéndose a la sensación táctil del tímpano; sus postulados son: 1) las sensaciones especiales del tacto se reciben desde diferentes partes del tímpano, 2) la onda sonora provoca la sensaciones del tímpano, i 3) las diversas direcciones del sonido afectarán a zonas diferentes del tímpano. Gelle (1893) y Wundt (1893) siguen algunos postulados de la "Teoría Táctil". En cambio, Matsumoto (1897) rechaza los postulados 2 y 3 a causa de que considera el diámetro del canal auditivo demasiado pequeño para permitir diferentes grados de presión al mismo momento en diferentes puntos del tímpano, aunque concluye aseverando que una sensación acústica recibe su forma espacial desde la idea de espacio dada por las sensaciones visuales, táctiles y motoras.

Güttich (1937) verificó mediante anestesia local en el pabellón externo que los estímulos cutáneos de esta región probablemente desarrollan un pequeño papel en la localización auditiva.

**Sistema vestibular:** Arnheim (1887), Preyer (1887) y Munsterberg (1889) elaboran las primeras especulaciones sobre la posibilidad de que la localización del evento auditivo sea función del órgano vestibular.

Munsterberg & Pierce (1894), Holt (1909) y Frey (1912) investigan la audición direccional después de parar súbitamente los movimientos de un sujeto sentado en una silla rotacional, experienciándose el llamado vértigo postrotacional durante un corto espacio de tiempo, en el cual la dirección del evento auditivo cambiaba con respecto a la fuente del sonido en sentido opuesto a la rotación original, aunque algunas veces circulaba en la misma dirección.

Rauch (1922) y Guttich (1937) constatan que cuando hay estimulación calórica se provocan cambios en la audición espacial (incremento de la localización borrosa), conectados con el sistema vestibular. Aunque el mismo Guttich (1937, 1939, 1940) confirma que pacientes con órganos vestibulares totalmente no funcionales pero con audición normal o casi normal no tienen diferencias significativas en la audición espacial cuando se compara con un grupo control. En cambio, según Wallach (1940) el órgano vestibular suministra información en la localización.

Tullio (1929), von Békésy (1935) y Retjo (1938) examinan canales semicirculares de animales comprobando que se producen corrientes y turbulencias en la linfa cuando están expuestos a los efectos de sonido.

**Sistema motor:** Autores anteriormente mencionados (Lord Rayleigh, 1907; van Soest, 1929) junto a Preyer (1887), Brunzlow (1925, 1939), Perekalin (1930), Wallach (1938, 1940), de Boer & Vermeulen (1939) y Meyer zum Gottesberge (1940) destacan la relevancia de los

movimientos de la cabeza en la localización de fuentes sonoras. Estos seis últimos investigadores estudiarán como los movimientos de la cabeza pueden servir primariamente para descubrir la posición de la fuente sonora. Perekalin (1930) cubre el pescuezo de fieltro y halla errores de localización. Según Wallach (1940) la posición, la tensión y la postura de los músculos del cuello y de las vértebras no suministran información a la localización. Wallach (1938): en una distribución de altavoces enfrente del sujeto van alternando la emisión de sonidos según mueve el sujeto la cabeza, siempre emitiendo el altavoz directamente enfrente del sujeto: el evento auditivo aparece encima de la cabeza.

Matsumoto (1897) expone su "Teoría Motora", por la que un sonido percibido provoca un impulso motor (consciente o inconsciente) hacia la fuente sonora, éste y su resultado es, para nosotros, la localización de la fuente sonora. Y según Young (1931) la localización es una función del conjunto del organismo, acoplado de varias formas que incluye un ajuste neuromuscular con respecto a la fuente o a una situación espacial conjunta. Las condiciones fisiológicas de la localización son vistas como cambios de patrones del tono muscular.

Von Hombostel & Wertheimer (1920) son los primeros en resaltar las teorías motoras como complemento a la teoría de diferencia temporal.

Sistema visual: En las páginas precedentes se han descrito algunas relaciones con el sistema visual (Matsumoto, 1897; Young, 1928; von Békésy, 1930a).

Klemm (1909) formula la regla de "Complicación Espacial" por la que existe una tendencia general de las percepciones de diferentes sentidos a fusionarse espacialmente cuando los estímulos se presentan de forma simultánea en estos, todo ello en base a experimentos audio-visuales. El mismo autor realiza la siguiente prueba empírica: se colocan dos micrófonos, uno a la derecha y otro a la izquierda del sujeto y se presentan las señales de forma opuesta mediante auriculares; se acomoda un mecanismo de martillos para generación de sonidos delante de cada micrófono; con los ojos cerrados, el golpe se percibía en la parte contraria del mecanismo; pero si el sujeto mira los mecanismos atentivamente, los golpes se perciben en el mismo lado que el mecanismo; si, después de unos minutos, el sujeto cierra los ojos, esta relación se mantiene un cierto período, pero luego, gradualmente, las posiciones de los eventos auditivos cambian respecto a los eventos visuales y se vuelve a las posiciones que se espera según las señales de entrada. Young (1928) con experimentos similares llega a la conclusión de que existen dos tipos de localización de sonidos: una localización auditiva y otra visual-auditiva.

Goldstein & Rosenthal-Veit (1926) y Ryan & Schehr (1941) estudian como cambios de posición en el evento auditivo provoca que los ojos se muevan. Guttich (1937) y Meyer zum Gottesberge (1941) afirman la necesidad de estos movimientos para conseguir la coherencia entre la dirección de la fuente sonora y la del evento auditivo. Wallach (1940) también apoya la tesis de que el sentido de la visión suministra información a la localización auditiva.

Sistema óseo: Wilson & Myers (1908) y Hecht (1922a) formulan la hipótesis de que la conducción ósea desarrolla un papel en la audición espacial normal. En cambio, Carsten & Salinger (1922), Hetch (1922b) y Banister (1924) no hallan evidencia empírica a la anterior.

## SIMULACION

En este apartado se engloban aquellos avances relacionados con los progresos tecnológicos. Thompson (1879) diseña el pseudófono, mediante el cual se traslada la información del oído derecho al izquierdo y viceversa.

Von Kries (1890) apunta la posibilidad de generar un evento auditivo en alguna dirección predeterminada del plano medio por selección de las señales de entrada correspondientes a esta dirección. A nivel pragmático es Blumlein (1931) el primero en

reconocer la relevancia de la posibilidad de colocar la dirección del evento auditivo en un rango específico de ángulos de acimut, eligiendo las diferencias de tiempo y de intensidad entre las dos señales del altavoz generadas por esta distribución, es decir, la transmisión estereofónica binaural con auriculares.

En 1934 Fletcher describe un concierto musical transmitido por estereofonía desde Filadelfia a Washington con conjuntos de dos altavoces, entre otros. Steinberg & Snow (1934) realizan experimentos similares al anterior.

Warncke (1941) define el término "Localización Suma", anteriormente mencionado: es el efecto que proporciona la base para el proceso de la transmisión de sonido estereofónico vía altavoces; se produce cuando el sistema auditivo interpreta dos señales de entrada cercanas temporalmente como si se originasen desde una sola fuente de sonido; así un evento auditivo aparece en una posición que depende de las posiciones de las dos fuentes sonoras y de las señales que emiten.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allers, R. & O. Bénézy (1922). Citado por Blauert (1983).
- Angell, J.R. & W. Fite (1901a) The monaural localization of sound. *Psychological Review*, 8, 225-243.
- Angell, J.R. & W. Fite (1901b) Further observations on the monaural localization of sound. *Psychological Review*, 8, 449-458.
- Arnheim, F. (1887). Citado por Matsumoto (1897).
- Arps, G.F. & O. Klemm (1913). Citado por Blauert (1983).
- Banister, H. (1924) A further note on the phase effect in the localization of sound. *British Journal of Psychology*, 15, 80-81.
- Blauert, J. (1983) Spatial Hearing. Ed. MIT Press. Cambridge, Massachusetts
- Bloch, E. (1893). Citado por Matsumoto (1897) y Stevens & Newman (1936).
- Blumlein, A.D. (1931). Citado por Blauert (1983).
- Boring, E.G. (1926). Auditory theory with special reference to intensity, volume and localization. *American Journal of Psychology*, 37, 157-188.
- Bowlker, T.J. (1908). On the factors serving to determine the direction of sound. *Philosophical Magazine*, 15, 318-331.
- Brunzlow, D. (1925). Citado por Blauert (1983).
- Brunzlow, D. (1939). Citado por Blauert (1983).
- Carsten, H. & H. Salinger (1922). Citado por Blauert (1983).
- de Boer, K. (1940a). Citado por Blauert (1983).
- de Boer, K. (1940b). Citado por Blauert (1983).
- de Boer, K. & A.T. van Urk (1941) Some particulars on directional hearing. *Philips Technical Review*, 6, 359-364.
- de Boer, K. & R. Vermeulen (1939) On improving defective hearing. *Philips Technical Review*, 4, 316-319.
- Firestone, F.A. (1930) The phase difference and amplitude ratio at ears due to a source of pure tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2, 260-270.
- Fletcher, H. (1934) Auditory perspective - Basic requirements. *Electrical Engineering*, 53, 9-11.
- Ford, A. (1942). The binaural intensity disparity limen. *Journal of the Acoustical Society of America*, 13, 367-372.
- Frey, H. (1912). Citado por Blauert (1983).
- Gelle (1893). Citado por Matsumoto (1897).
- Goldstein, K. & O. Rosenthal-Veit (1926). Citado por Young (1928, 1931).
- Güttich, A. (1937). Citado por Blauert (1983).
- Güttich, A. (1939). Citado por Blauert (1983).
- Güttich, A. (1940). Citado por Blauert (1983).
- Halverson, H.M. (1922). Binaural localization of tones as dependent upon differences of phase and intensity. *American Journal of Psychology*, 33, 178-212.
- Hartley, R.V.L. & T.C. Fry (1921) The binaural location of pure tones. *Physical Review*, 18, 431-442.
- Hecht, H. (1922a). Citado por Boring (1926)
- Hecht, H. (1922b). Citado por Blauert (1983)
- Henneberg, B. (1941). Citado por Blauert (1983)
- Holt, E.B. (1909) On ocular nystagmus and the localization of sensory data during dizziness. *Psychological Review*, 16, 377-398.



- Ikenberry, L.D. & C.E. Shutt (1898) Experiments in judging the distance of sound. *Kansas University Quarterly*, 7, serie A, 9-16.
- King, W.G. & D.A. Laird (1930) The effect of noise intensity and pattern on locating sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2, 99-102.
- Klemm, O.(1913). Citado por Blauert (1983).
- Klemm, O.(1914). Citado por Blauert (1983).
- Klemm, O.(1918). Citado por Young (1931).
- Klemm, O.(1920). Citado por Young (1931).
- Kreidl, A. & S. Gatscher (1923). Citado por Blauert (1983).
- Kupper (1874). Citado por Matsumoto (1897).
- Lungwitz, H.(1933). Citado por Blauert (1893).
- Mach, R.(1865). Citado por Blauert (1983).
- Mallock, A.(1908) Note on the sensitivity of the ear to the direction of explosive sounds. *Proceedings of Royal Society of Medicine*, 80, 110.
- Matsumoto, M.(1897) Research on acoustic space. *Yale Psychological Laboratory Studies*, 5, 1-75.
- Maxfield, J.P.(1933) Some physical factors affecting the illusion in sound motion pictures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 4, 69-80.
- McGamble, E.A. (1909) Intensity as a criterion in estimating the distance of sounds. *Psychological Review*, 16, 416-426.
- Meyer zum Gottesberge, A. (1940). Citado por Blauert (1983).
- Mohrmann, K. (1939). Citado en Blauert (1983).
- Münsterberg, H.(1889). Citado por Matsumoto (1897) y Young (1928).
- Münsterberg, H. & A.H. Pierce( 1894). Citado por Blauert (1983).
- Myers, C.S. (1914) The influence of timbre and loudness on the localization of sounds. *Proceedings of Royal Society of London*, B88, 267-284.
- Perekalin, W.E.(1930). Citado por Blauert (1983)
- Peterson, J.(1916) The nature and probable origin of binaural beats. *Psychological Review*, 23, 333-351.
- Petri, J.(1932). Citado por Blauert (1983)
- Pierce, A.H. (1901). Citado por Blauert (1983)
- Politzer, A.(1876). Citado por Matsumoto (1897)
- Pratt, C.C.(1930) The spatial character of high and low tones. *Journal of Experimental Psychology*, 13, 278-285.
- Preyer, W.(1887). Citado por Matsumoto (1897) y Young (1928).
- Purkyne (1860). Citado por Matsumoto (1897)
- Rauch, M.(1922). Citado por Blauert (1983).
- Rayleigh, Lord (1877) Acoustical observations. *Philosophical Magazine*, 6, 6ª serie, 456-464.
- Rayleigh, Lord (1904) On the acoustical shadow of a sphere. *Philosophical Transactions of Royal Society of London*, 203A, 87-99.
- Rayleigh, Lord (1907) On our perception of sound direction. *Philosophical Magazine*, 13, 6ª serie, 214-232.
- Retjö, H. (1938). Citado por Blauert (1983).
- Ryan, T.A. & F. Schehr (1941) Influence of eye movement and position on auditory localization. *American Journal of Psychology*, 54, 243-252.
- Schaefer, K.L.(1890). Citado en Matsumoto (1897).
- Schelhammer, G.C.(1684). Citado por von Békésy (1960)
- Seashore, C.E.(1899). Localization of sound in the median plane. *University Iowa Studies of Psychology*, 2, 46-54.
- Shutt, C.E.(1898) Experiments in judging the distance of sound. *Kansas University Quarterly*, 7, 9-16.
- Sivian, L.J. & S.D. White (1933) On minimum audible sound fields. *Journal of the Acoustical Society of America*, 5, 288-321.
- Starch, D. & A.L. Crawford (1909) The perception of the distance of sound. *Psychological Review*, 16, 427-430.
- Stefanini, A.(1922). Citado por Blauert (1983).
- Steinberg, J.C. & W.B. Snow (1934) Physical factors. *Bell System Technical Journal*, 13, 245-258.
- Steinhauser, A.(1877). Citado por Blauert (1983).
- Steinhauser, A.(1879). Citado por Matsumoto (1897).
- Stevens, S.S. & E.B. Newman (1936) The localization of actual sources of sound. *American Journal of Psychology*, 48, 297-306.
- Stewart, G.W.(1911) The acoustic shadow of a rigid sphere with certain applications in architectural acoustics and audition. *Physical Review*, 33, 467-479.
- Stewart, G.W.(1914) Phase relations in the acoustic shadow of a rigid sphere. *Physical Review*, serie II, 2, 252-258.
- Stewart, G.W.(1916) Certain cases of the variation of sound intensity with distance. *Physical Review*, serie II, 442-446.

- Stewart, G.W.(1917) The theory of binaural beats. *Physical Review, serie II, 9, 514-528.*
- Thompson, S.P. (1877) On binaural audition I. *Philosophical Magazine, 5ª serie, 4, 274-277.*
- Thompson, S.P. (1878) On binaural audition II. *Philosophical Magazine, 5ª serie, 6, 383-391.*
- Thompson, S.P. (1878) The "pseudophone". *Philosophical Magazine, 5ª serie, 8, 385-390.*
- Thompson, S.P. (1882) On the function of the two ears in the perception of space. *Philosophical Magazine, 5ª serie, 13, 406-416.*
- Trimble, O.C.(1934) Localization of sound in the anterior-posterior and vertical dimensions of "auditory space". *British Journal of Psychology, 24, 320-334.*
- Tröger, J.(1930). Citado por Sivian & White (1933).
- Tullio, P.(1929). Citado por Blauert (1983).
- Upton, M.(1936). Differential sensitivity in sound localization. *Proceedings of Natural Academical Sciences of USA, 22, 409-412.*
- Urbantschitsch (1881). Citado por Matsumoto (1897) y Young (1931).
- van Gilse, P.H.G. (1928). Citado por Blauert (1983).
- van Gilse, P.H.G. & O. Roelofs (1937). Citado por Blauert (1983).
- van Soest, J.L. (1929). Citado por Blauert (1983).
- Veits, C. (1936). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G. (1930a). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G. (1930b). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G.(1931). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G.(1932). Citado por Sivian & White (1933).
- von Békésy, G.(1933). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G.(1935). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G.(1938). Citado por Blauert (1983).
- von Békésy, G.(1960) Experiments in hearing. *McGraw-Hill, New York.*
- von Betzold, W.(1890). Citado por Blauert (1983).
- von Hornbostel, E.M.(1923). Citado por Blauert (1983).
- von Hornbostel, E.M.(1926). Citado por Blauert (1983).
- von Hornbostel, E.M. & M. Wertheimer (1920). Citado por Boring (1926) y Young (1928).
- von Kries, J.(1890) Citado por Matsumoto (1897).
- Wallach, H.(1938). Citado por Blauert (1983)
- Wallach, H.(1940) The role of head movements and vestibular and visual cues in sound localization. *Journal of Experimental Psychology, 27, 339-368.*
- Warncke, H.(1941). Citado por Blauert (1983).
- Weber, E. (1851). Citado por Matsumoto (1897).
- Werner, H. (1922). Citado por Blauert (1983).
- Wilson, H.A. & C.S. Myers (1908) The influence of binaural phase differences in the localization of sound. *British Journal of Psychology, 2, 362-386.*
- Wittman, J. (1925). Citado por Blauert (1983).
- Wundt (1893). Citado por Matsumoto (1897).
- Young, P.T. (1928) Auditory localization with acoustical transposition of the ears. *Journal of Experimental Psychology, XI, 6, 399-429.*
- Young, P.T. (1931) The role of head movements in auditory localization. *Journal of Experimental Psychology, 14, 95-124.*