

XV Jornadas de Investigación y Cuarto Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2008.

# Diferencias cualitativas de participantes entrenados y no entrenados en la localización de sonidos.

Bermejo, Fernando, Gómez, Maria Cecilia, Hüg, Mercedes Ximena y Arias, Claudia.

Cita:

Bermejo, Fernando, Gómez, Maria Cecilia, Hüg, Mercedes Ximena y Arias, Claudia (2008). *Diferencias cualitativas de participantes entrenados y no entrenados en la localización de sonidos*. XV Jornadas de Investigación y Cuarto Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-032/6>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/efue/21x>

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

# DIFERENCIAS CUALITATIVAS DE PARTICIPANTES ENTRENADOS Y NO ENTRENADOS EN LA LOCALIZACIÓN DE SONIDOS

Bermejo, Fernando; Gómez, Maria Cecilia; Hüg, Mercedes Ximena; Arias, Claudia  
Centro de Investigación y Transferencia Acústica. Argentina

## RESUMEN

Dentro de la línea de Ecolocación Humana, uno de los proyectos en curso está permitiendo abordar un tema con escaso desarrollo: las claves dinámicas involucradas en audición espacial. Específicamente, se están caracterizando los movimientos de cabeza que realizan participantes con y sin discapacidad sensorial en pruebas donde deben localizar sonidos directos y reflejados y obstáculos reales sin claves visuales. Hasta el presente, los resultados obtenidos -por participantes sin discapacidad en pruebas de localización de sonidos directos y reflejados (Arias y otros, 2007; Arias y otros, 2007) y por participantes con y sin entrenamiento en audición espacial (Bermejo y otros, 2007)- tomados en conjunto, apuntan en la misma dirección que los informados en la literatura, la respuesta de movimiento de cabeza (RMC) es una respuesta motora precisa para localizar fuentes sonoras. En este trabajo exponemos las diferencias cualitativas observadas en los patrones de RMC de participantes entrenados y no entrenados cuando localizan sonidos directos. Los resultados revelaron que: a- los patrones de RMC reflejaron dos estrategias para resolver la tarea; b- la mayoría de los sujetos entrenados utilizó la más precisa y consistente; c- estos sujetos mostraron menor discrepancia entre la distancia total recorrida por la cabeza y la distancia ideal.

## Palabras clave

Localización Cabeza Audición Entrenamiento

## ABSTRACT

### QUALITATIVE DIFFERENCES BETWEEN TRAINED AND UNTRAINED PARTICIPANTS IN SOUND LOCALIZATION

We are involved in a research program on Human Echolocation. The main aim of one of our ongoing project is to study the dynamics cues involved in spatial hearing. Specifically, we are interested to describe the head movements that participants with and without sensory handicap realize in tests, when must localize direct and reflected sounds and real obstacles without visual cues. Up to the present, the results obtained - for participants without handicap in auditory localization tests of direct and reflected sounds (Arias et al., 2007; Arias et al., 2007) and for participants with and without training in spatial hearing (Bermejo et al., 2007) - taken as a whole, are in good agreement with those reported in the literature, the head movement response (RMC) is a accurate response to localize sound sources. In this work we expose the qualitative differences observed in the RMC patterns of trained and untrained participants when they localize direct sounds. The results revealed that: a- the RMC patterns reflect two strategies to solve the task; b - the majority of the trained subjects used the most precise and consistent strategy; c - these subjects showed less discrepancy among the total distance traveled by the head and the ideal distance.

## Key words

Localization Head Hearing Training

## 1. INTRODUCCIÓN

El tema central que hemos abordado por más de 25 años de manera sistemática e interdisciplinaria es la ecolocación humana, una habilidad genuina e inexplorada que resulta vital para la persona ciega. Se define como la habilidad para localizar, reconocer e identificar objetos que no se ven, a partir del procesamiento de la información de las relaciones entre los sonidos autoproducidos y sus reflexiones con el entorno (Arias, 1996). El propósito general de la línea consiste en concretar la construcción de una perspectiva teórica de la ecolocación humana, inexistente hasta donde se tiene conocimiento en idioma castellano. Uno de los proyectos en curso está permitiendo abordar un tema con muy escaso desarrollo: las claves dinámicas involucradas en audición espacial. Específicamente, se están caracterizando los movimientos de cabeza que realizan participantes con y sin discapacidad sensorial en pruebas en las que deben localizar sonidos directos y reflejados y obstáculos reales sin utilizar la visión. Entre los resultados fructíferos del proyecto, caben mencionarse dos tesinas complementarias que abordaron la temática del aprendizaje perceptual al trabajar con adultos con visión normal con y sin entrenamiento en audición espacial en pruebas de localización de sonidos directos (Bermejo, 2007) y de sonidos reflejados (Gómez, 2007).

Hasta el presente, los resultados obtenidos -por participantes sin discapacidad en pruebas de localización de sonidos directos y de sonidos reflejados (Arias y otros, 2007; Arias y otros, 2007) y por participantes con y sin entrenamiento en audición espacial (Bermejo y otros, 2007)- tomados en conjunto, apuntan en la misma dirección que los informados en la literatura, la respuesta de movimiento de cabeza (RMC) -el movimiento que realiza la cabeza desde que comienza el estímulo hasta que el participante responde- es una respuesta motora muy precisa para localizar fuentes sonoras sin claves visuales.

En esta ponencia presentamos las diferencias cualitativas de los patrones de RMC que realizaron participantes entrenados y los no entrenados en audición espacial, en las pruebas de localización de sonidos directos.

## 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

### 2.1 Movimientos de cabeza en la localización sonora

El sistema auditivo es un sofisticado procesador espacial que le permite al organismo detectar y monitorear las posiciones de objetos sonoros facilitándole además, su identificación. Una persona normal tiene una inmediata apreciación del espacio auditivo en el sentido de que su orientación hacia el evento sonoro es natural, rápido y generalmente, exacto (Perrott y otros, 1990).

A pesar del reconocido valor que tienen las claves dinámicas en la audición espacial, la mayoría de los estudios científicos sobre la habilidad de sujetos de extraer información espacial del ambiente a través de la vía auditiva están referidos a situaciones estáticas: sujetos inmóviles y fuentes sonoras fijas. Existen pocos trabajos científicos que den cuenta de la precisión con que los sujetos pueden detectar fuentes sonoras estáticas cuando se les permite mover la cabeza o en situaciones dinámicas, i.e., fuente sonora estática y sujeto en movimiento o fuente móvil y sujeto estático o ambos en movimiento.

En un estudio pionero, Thurlow y otros (1967) estudiaron los cambios angulares en la posición de la cabeza mientras un sujeto intentaba localizar la dirección de una fuente sonora. Describieron tres movimiento: rotación (izquierda/derecha), pivot (acercando oreja al hombro del mismo lado) y movimiento arriba/abajo ('tip'). Los movimientos de rotación ocurrieron solos aunque también se observaron en combinación con los 'tip'. Reportaron además, que las inversiones de movimientos más comunes se producían en la rotación.

Por su parte, Perrott y otros (1987), utilizando un sensor de movimiento de cabeza y trabajando a oscuras, examinaron la capacidad del participante para orientar su cabeza basándose sólo en información acústica. Su tarea consistía en girar la cabeza tan pronto como comenzaba el sonido experimental hasta que lograba enfrenar justo la fuente sonora. Sus resultados concuerdan con los obtenidos en experimentos de localización so-

nora clásicos. Además, corroboraron el hecho de que una respuesta motora gruesa, tal es el movimiento de la cabeza, está muy bien determinada utilizando sólo información auditiva, especialmente en la región comprendida entre  $\pm 30^\circ$  del plano medio del sujeto. Vincularon estos resultados con la hipótesis de la existencia de una íntima conexión entre la audición espacial y el sistema motor -análogo a un 'mapa' que relaciona la posición percibida de la fuente sonora con la posición final de la cabeza que le permite a la persona orientarse hacia los eventos externos. Similares resultados a éstos hemos encontrado en investigaciones propias (Arias y otros, 2007a; Arias y otros, 2007b).

### 2.1 Entrenamiento en la localización sonora

Blauert (1997), entre otros, sostiene que en la percepción del espacio auditivo influyen factores como la experiencia y el aprendizaje. Por aprendizaje, en este caso aprendizaje perceptual, nos referimos a aquellos cambios relativamente permanentes producidos por la experiencia. Cuando el sujeto está sometido a una práctica sostenida, por ejemplo en tareas de audición espacial por su profesión, actividad laboral o discapacidad sensorial, el aprendizaje es llamado implícito.

Estudios sobre el aprendizaje implícito en localización de sonidos, han demostrado que personas ciegas (Röder, 1999) o directores de orquestas (Münste, 2006), procesan de manera más eficiente los estímulos auditivos espaciales en condiciones más desfavorables. Por ejemplo, en el espacio auditivo periférico, los sujetos entrenados localizan mejor los sonidos en las regiones laterales extremas.

## 3. METODOLOGÍA

### Prueba de localización de sonidos directos

Diseñamos la prueba en base al estudio de Perrott y otros (1987).

**Participantes:** 15 sujetos de ambos sexos, entre 20 a 35 años de edad, con visión y audición normales. Recibieron retribución monetaria por participar del estudio y sus respuestas no fueron retroalimentadas. Se distribuyeron en dos grupos: a) *entrenados*, conformado por 2 técnicos de sonido y 3 directores de coro, con una experiencia profesional mínima de tres años (ambas actividades implican un fuerte entrenamiento en localización sonora). Y el grupo b) *no entrenados*, integrado por 10 adultos.

**Estímulo:** Utilizamos 4 tipos de señales sonoras: pulso único de ruido blanco (UA: único artificial); tren de pulsos de ruido blanco, formado por la repetición de los pulsos anteriores (TA: tren artificial); click único, grabación de una señal ecolocación real generada por una persona ciega -un chasquido con la lengua- (UR: único real) y tren de clicks, formado por la repetición de los clicks (TR: tren real). El ancho de ambas señales únicas fue de 25 ms con un tiempo de subida/bajada del 10%.

**Aparatos y arreglo experimental:** Utilizamos el *Sistema de Movimiento de Cabeza*, una herramienta diseñada especialmente por nuestro equipo para estudiar aspectos dinámicos de la localización sonora y de la ecolocación. Se compone de un conjunto de seis parlantes, un dispositivo que deriva las señales a los parlantes, un sensor de movimiento comercial y un programa informático para la administración y recolección de los datos.

Los seis parlantes (TS G1040R 4" Pioneer Corporation apareados en frecuencia), montados en trípodes regulables en altura, se posicionan en semicírculo en seis regiones diferentes en el plano azimutal. Para el manejo de las señales, se utilizó una placa de sonido de 16 bits de resolución (Sound Blaster PCI512) conectada a un amplificador estereofónico de potencia (BOSS REV-650). Las salidas del amplificador alimentan un dispositivo que derivaba las señales enviadas por el amplificador a 7 canales que se conectan a los parlantes respectivos.

Se confeccionó una vincha, que usa el participante durante toda la sesión, para adherir el sensor de movimientos (Patriot de Polhemus), que toma 60 muestras por segundo.

El sensor y el dispositivo derivador que alimentaba los parlantes, se controlaban mediante interfaz serial RS-232.

El software para la administración y análisis de las pruebas fue desarrollado en MatLab. El programa también genera gráficos

del patrón de RMC, para cada participante, condición, posición de parlante y ensayo. Se trata de un gráfico cartesiano (Y: recorrido en grados vs X: tiempo) que dibuja la trayectoria que recorre la cabeza del participante desde que comienza el estímulo hasta que responde.

**Procedimiento:** Brevemente descrito: los parlantes se posicionaron en seis regiones fijas en el plano azimutal, tres a la derecha y tres a la izquierda (casi adelante, lateral intermedia y lateral). El experimento se condujo a oscuras, en la cámara silenciosa de nuestro laboratorio, con el participante sentado en el centro del semicírculo a 1, 50 m de distancia. Escuchaba en primer lugar, un ruido de alerta emitido desde  $0^\circ$ . Luego de un segundo de silencio, se emitía el sonido experimental desde alguna de las seis posiciones mencionadas. Su tarea consistía en: enfrentar el ruido de alerta hasta alcanzar la posición exacta, i.e., justo enfrente según su propia percepción, momento en el que cesaba su emisión. Tan pronto como comenzaba la emisión del sonido experimental, debía girar su cabeza hasta enfrentar justo la fuente según su propia percepción. Para indicar su respuesta apretaba el botón de un pulsador con lo cual finalizaba el ensayo. Procedía de la misma manera con los demás ensayos, hasta finalizar la prueba que duraba 1 hora aproximadamente. Las variables bajo estudio fueron: Entrenamiento (con y sin entrenamiento en audición espacial), Estímulo (UA, UR, TA, TR) y Posición de la Fuente (casi adelante: entre  $\pm 5^\circ$  y  $\pm 15^\circ$ ; lateral intermedia: entre  $\pm 25^\circ$  y  $\pm 35^\circ$  y lateral: entre  $\pm 50^\circ$  y  $\pm 60^\circ$ ). Cada participante resolvió 240 ensayos en total (4x6x10 repeticiones en cada posición espacial). Se aleatorizó el orden de presentación de las posiciones de la fuente para cada condición de estímulo. La variable dependiente fue el patrón de RMC -descrito a partir de los movimientos sacádicos realizados con la cabeza, esto es, el desplazamiento de su posición con una duración mínima de 100 ms y un cambio mínimo de  $1^\circ$ .

### Análisis Cualitativo de los patrones de RMC:

Se graficaron para cada sujeto y para cada uno de los 4 estímulos, un gráfico resumen que mostraba el patrón de RMC obtenido en las 10 repeticiones en las posiciones evaluadas (60 gráficos de 15 participantes x 4 estímulos).

Seleccionamos una muestra de 32 gráficos resumen (pertencientes a 3 participantes entrenados y a 5 participantes no entrenados) para analizar cualitativamente los patrones de RMC, tomando en cuenta los siguientes parámetros: tipos de movimientos; rapidez/lentitud de los movimientos; precisión y variabilidad de las trayectorias en las repeticiones.

A partir de este análisis, definimos 2 estrategias para resolver la tarea, que denominamos "*Estrategia de aproximación y ajuste*" y la otra "*Estrategia de sólo un sácade*" (descriptas más adelante) y seguidamente, clasificamos la totalidad de los gráficos. Finalmente, comparamos cualitativamente el rendimiento de los grupos según las estrategias reflejadas en los patrones de RMC.

Completamos el análisis comparando la distancia recorrida en grados con la cabeza, con relación a una distancia angular ideal, definida como la mínima distancia angular total recorrida si se hubiera realizado un único y preciso movimiento de cabeza.

## 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir del análisis que realizamos de la muestra de 32 gráficos resumen, definimos 2 estrategias, que denominamos: a) *Estrategia de aproximación y ajuste*: consistía en un primer movimiento rápido o sácade mayor que aproximaba la cabeza a la zona del parlante activo, luego el participante realizaba movimientos más pequeños o sácares menores para ajustar la precisión de la respuesta y por último se observaba un periodo de quietud. Y la otra estrategia: b) *Estrategia de sólo un sácade*: fue más directa y consistía en un sólo movimiento o sácade mayor lento que finalizaba cuando el participante daba su respuesta de localización. Algunas veces sobre el final del sácade se producía una desaceleración que concluía en un breve periodo de quietud.

Al comparar el rendimiento de los grupos teniendo en cuenta las estrategias, observamos que: el 80% de los participantes entrenados utilizó la estrategia de aproximación y ajuste para resol-

ver la prueba, mientras que los restantes (20%) emplearon la estrategia de un sólo movimiento sacádico. En cambio los participantes no entrenados realizaron ambas estrategias en similar proporción (60% y 40% respectivamente). Resta mencionar que los participantes entrenados que utilizaron la estrategia de aproximación y ajuste fueron más consistentes, es decir, sus patrones de RMC describían trayectorias similares en las repeticiones y también eran consistentes a través de las condiciones.

En general, observamos que los participantes de ambos grupos recorrieron una distancia promedio con la cabeza en grados que se ajustó al rendimiento ideal. Además, todos los participantes recorrieron mas distancia que la distancia ideal en la región Casi Adelante. Sin embargo, el grupo de participantes entrenados mostró menor discrepancia entre la distancia total recorrida por la cabeza y la distancia ideal que el grupo de no entrenados, precisamente en la región Casi Adelante.

Por último, a partir de características comunes entre los patrones de RMC, identificamos; 2 condiciones fáciles para realizar la tarea, generadas por estímulos de trenes de pulsos; y 2 condiciones difíciles, producidas por pulsos únicos. Esto seguramente se deba a que las señales de trenes permitieron realizar ajustes del movimiento mientras se seguía escuchando el sonido y por el contrario los pulsos únicos no daban esta posibilidad.

En síntesis, los resultados revelaron que:

- los patrones de RMC reflejaron dos estrategias para resolver la tarea: “Estrategia de aproximación y ajuste” y “Estrategia de sólo un sacade”. La mayoría de los sujetos entrenados utilizó la primera de forma más consistente.
- los participantes entrenados mostraron menor discrepancia entre la distancia total recorrida por la cabeza y la distancia ideal.
- a partir de similitudes entre los patrones de RMC, identificamos 2 condiciones fáciles (trenes pulsos) y 2 condiciones difíciles (pulsos únicos).

---

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, C. (1996) L'Echolocation humaine chez les handicapes visuels. L'Année Psychologique, 96(4), 703-721.

ARIAS, C.; RAMOS, O.; HÜG, M.; ORTIZ SKARP, A.; BERMEJO, F.; GÓMEZ, C. (2007) Movimientos de cabeza para localizar sonidos directos. Memorias de las XIV Jornadas de Investigación, Tercer encuentros de Investigadores en Psicología del Mercosur. UBA, Buenos Aires, 2, 341-343.

ARIAS, C.; RAMOS, O.; ORTIZ SKARP, A.; HÜG, M.; GÓMEZ, C.; BERMEJO, F.; TOMMASINI, F.; ESQUINAS, P.; BARRERA, F. (2007) Movimientos de cabeza para localizar sonidos reflejados. XI Reunión de la Asociación Argentina de Ciencias del Comportamiento. Asociación Argentina de Ciencias del Comportamiento (AACC). Libro de la XI Reunión Nacional de la AACC. Universidad del Aconcagua.

BERMEJO, F. (2007) Movimientos de cabeza en la localización de sonidos directos en participantes entrenados y no entrenados. Tesis de grado, Lic. en Psicología. Fac. de Psicología, UNC. Córdoba.

BERMEJO, F.; GÓMEZ, M.C.; ORTIZ SKARP, A.; HÜG, M.X.; SCABUZZO, F.; TOMMASINI, F.; ESQUINAS, P.; BARRERA, F.; RAMOS, O. y ARIAS, C. (2007) Audición espacial: movimientos de cabeza de participantes entrenados. VI Jornadas de Acustica, Electroacústica y Áreas Vinculadas (CADA). Buenos Aires.

BLAUERT, J. (1997). Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization, Revised Edition. The MIT Press, Cambridge, MA.

GÓMEZ, C. (2007) Movimientos de cabeza en la localización de sonidos reflejados en participantes entrenado y no entrenados. Tesis de grado, Lic. en Psicología. Fac. de Psicología, UNC. Córdoba.

MÜNTE, T.; KOHLMETZ, C.; NAGERT, W. y ALTENMÜLLER, E. (2006). Superior auditory spatial tuning in conductors. Nature, 409, 1, 580.

PERROTT, D.; SABERI, K.; BROWN, K. y STRYBEL, T. (1990a). Auditory psychomotor coordination and visual search performance. Perception and Psychophysics, 48, 214-226.

PERROTT, D.; AMBARSOON, H. y TUCKER, J. (1987b). Changes in head position as a measure of auditory localization performance: auditory psychomotor coordination under monoaural and binaural listening conditions. Journal of the Acoustical Society of America, 82, 1637-1645.

RÖDER, B.; TEDER-SÄLEJÄRVI, W.; STERR, A.; RÖSLER, F.; HILLYARD, S. y NEVILLE, H. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. Nature, 400, 162-166.

THURLOW, W.; MANGELS, J. y RUNGE, P. (1967). Head movements during sound localization. Journal of the Acoustical Society of America, 27, 132-137.