

XIV Jornadas de Investigación y Tercer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2007.

Movimientos de cabeza para localizar sonidos directos.

Arias, Claudia, Ramos, Oscar Alberto, Hüg, Mercedes Ximena, Ortiz Skarp, Aldo, Bermejo, Fernando y Gómez, María Cecilia.

Cita:

Arias, Claudia, Ramos, Oscar Alberto, Hüg, Mercedes Ximena, Ortiz Skarp, Aldo, Bermejo, Fernando y Gómez, María Cecilia (2007). *Movimientos de cabeza para localizar sonidos directos. XIV Jornadas de Investigación y Tercer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-073/90>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/e8Ps/Qyw>

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>.

MOVIMIENTOS DE CABEZA PARA LOCALIZAR SONIDOS DIRECTOS

Arias, Claudia; Ramos, Oscar Alberto; Hüg, Mercedes Ximena; Ortiz Skarp, Aldo; Bermejo, Fernando; Gómez, María Cecilia
CONICET. Argentina

RESUMEN

Nuestro programa de investigación trata sobre ecolocación humana, habilidad crucial para la persona ciega. Importante ejemplo de acción-percepción que implica utilizar sonidos autoproducidos para localizar y reconocer objetos que no se ven. Uno de los proyectos en curso nos está permitiendo estudiar aspectos dinámicos de la localización sonora y la ecolocación. Estamos analizando a) la habilidad del participante para girar la cabeza y enfrentar una fuente sonora activa en plano azimutal disponiendo sólo de información auditiva y b) principales características de esos movimientos de cabeza. Participan del estudio adultos con y sin discapacidad sensorial (ceguera o hipoacusia unilateral) en tres pruebas: 1) localización de sonidos directos, 2) de sonidos reflejados (efecto precedente) y 3) prueba de ecolocación con objetos reales. En esta ponencia presentamos resultados obtenidos por participantes sin discapacidad sensorial en la primera prueba. Los resultados, en general, apuntan en la misma dirección que los que se reportan en la escasa literatura existente en la temática y en los estudios de localización con tareas convencionales.

Palabras clave

Movimientos Cabeza Localización Sonora

ABSTRACT

HEAD MOVEMENTS AND THE LOCALIZATION OF DIRECT SOUNDS

We are involved in an interdisciplinary research program on human echolocation -an important example of perception-action capability that is crucial for the blind person. It is defined as the ability to use self-generated sounds with the specific purpose for obtaining spatial information from environment. The main aim of one of our ongoing projects is to study dynamic aspects in sound localization and echolocation. We are analyzing a) the ability of listeners to turn the head and face an active sound source in the azimuth when only auditory information is available, and b) principal features of their head movement response. Adults with and without sensory handicap (blindness or severe unilateral hearing loss) are participating in three experiments: 1) direct sound localization, 2) reflected sound localization (precedence effect) and 3) echolocation (real objects). In this paper we present results obtained by participants without sensory handicap in the first experiment. In general, our results are in good agreement with those reported in the scarce literature of this topic and with those obtained with more conventional localization tasks.

Key words

Head Movements Sound Localization

INTRODUCCIÓN

La ecolocación humana -habilidad genuina e inexplorada que resulta vital para la persona ciega- es el tema central que estamos abordando de manera sistemática e interdisciplinaria a lo largo de más de dos décadas. Este objeto de estudio está estrechamente vinculado con la localización de sonidos reflejados. Se inscribe en el área tan escasamente estudiada como promisorio de los procesos percepto-cognitivos de la audición cotidiana que implica la utilización de sonidos autoproducidos para detectar, localizar y reconocer objetos que no se ven (Arias, 1996; Arias & Ramos, 2004b).

El propósito general de nuestra línea de investigación consiste en avanzar en la comprensión del proceso de ecolocación humana y sus mecanismos subyacentes en pos de sentar las bases teórico-prácticas de un programa de entrenamiento destinado a la persona discapacitada visual.

El objetivo de uno de los proyectos en curso nos está permitiendo estudiar un tema con muy escaso desarrollo: los aspectos dinámicos involucrados en la localización sonora y en la ecolocación. Específicamente, la propuesta consiste en caracterizar -siguiendo lineamientos teóricos y metodológicos de un estudio pionero (Perrott y otros, 1987)- los movimientos de cabeza que realizan participantes adultos con y sin discapacidad sensorial (ceguera o sordera profunda unilateral) en tres pruebas auditivas: localización de sonidos directos, localización de sonidos reflejados y prueba de ecolocación (aspectos teóricos y metodológicos en Arias y Ramos, 2005a).

En esta ponencia presentamos principales resultados obtenidos por diez participantes con visión y audición normales en la ejecución de la primera prueba.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Localización sonora

Determinar características de la fuente sonora -posición, distancia relativa y naturaleza- a partir de la información contenida en los sonidos que ella produce es una habilidad crucial que utilizamos regularmente aunque ha recibido escasa atención por parte de los científicos (Yost, 1991; McAdams, 1993).

La habilidad del hombre para localizar fuentes sonoras es muy precisa aún en condiciones adversas, por ejemplo, en ambientes muy reverberantes. Está referida a la percepción de la posición de la fuente en el plano horizontal, vertical y a la percepción de su distancia relativa.

Una persona normal tiene una inmediata apreciación del espacio auditivo en tanto la mayoría de las veces se orienta hacia el evento sonoro de manera natural, rápida y exacta aunque la agudeza auditiva espacial es pobre cuando se la compara con la agudeza espacial visual (segundos de arco vs grado de arco, respectivamente).

Se considera por ello que el sistema visual es el canal sensorial óptimo para la adquisición de la información espacial. Sin embargo, esta optimización ocurre sólo dentro de una "ventana angosta" que abarca unos pocos grados de la línea de mirada. En contraste, la modalidad auditiva provee información espacial de todos los eventos remotos en el campo del escucha sin importar la orientación (línea de mirada) de la persona. En situaciones de alta incertidumbre espacial, esto es, cuando un observador puede no saber para dónde mirar o ante objetos que no pueden verse, la potencia del sistema auditivo para

proveer información espacial útil, es excelente.

Se supone, dentro de este contexto, que el sistema auditivo provee información espacial sobre eventos remotos fuera de esa 'ventana frontal' precisamente para que el sujeto se reoriente hacia la fuente y así pueda entrar en juego la alta capacidad de resolución espacial del sistema visual (Perrott y otros, 1990).

Movimientos de cabeza durante la localización de sonidos

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

Thurlow y otros (1967a) describieron tres tipos de movimiento de cabeza que realizan participantes durante una prueba de localización sonora: rotación (izquierda/derecha), pivot (acercando oreja hacia hombro del mismo lado) y movimiento arriba/abajo ('tip').

Por su parte, Perrott y otros (1987) utilizando un sensor primitivo de movimiento de cabeza y trabajando a oscuras, examinaron la situación inversa, i.e., la capacidad del participante para orientar su cabeza hacia la fuente sonora disponiendo sólo de información acústica (estudio de referencia que sirvió de base para nuestro trabajo).

METODOLOGÍA

Prueba de localización de sonidos directos

Basándonos en el trabajo de 1987 de Perrott y otros (op. cit.), diseñamos e implementamos esta prueba con el objetivo de caracterizar la respuesta de movimiento de cabeza (RMC) que realiza el participante para localizar una fuente sonora primaria (sonidos directos) en el plano azimutal disponiendo sólo de información auditiva.

Participantes: Diez participantes de ambos sexos (4 mujeres y 6 varones), entre 23 y 33 años de edad, con visión y audición normales participaron en este estudio. No recibieron retroalimentación de sus respuestas.

Estímulo: Utilizamos 4 tipos de señales: pulso único de ruido blanco (UA: único artificial); tren de pulsos de ruido blanco (TA: tren artificial); click único -chasquido con la lengua grabado: señal de ecolocación real generada por una persona ciega (UR: único real) y tren de clicks (TR: tren real). El ancho de ambas señales únicas fue de 25 ms con un tiempo de subida/bajada del 10%. Para conformar la señal TA se utilizaba en cada ensayo una muestra diferente extraída de un ruido de mayor duración.

Aparatos y arreglo experimental: En la cámara silente de nuestro Laboratorio posicionamos seis parlantes (TS G1040R 4" Pioneer Corporation apareados en frecuencia) en semicírculo montados en trípodes regulables en altura, en seis regiones diferentes en el plano azimutal.

Utilizamos 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 alimentaban un dispositivo diseñado y construido por el equipo, que deriva las señales enviadas por el amplificador a 7 canales que se conectan a los parlantes.

El sensor de movimientos que usó el participante es un Patriot de Polhemus que toma 60 muestras por segundos. El sensor y el dispositivo derivador que alimentaba los parlantes se controlaron mediante interfaz serial RS-232. El software para la administración y análisis de la prueba fue desarrollado en MatLab.

Procedimiento: Seguimos un procedimiento similar al utilizado en el estudio de referencia. Brevemente descripto: 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 con el participante sentado en el centro del semicírculo a una distancia de 1,50 m. Escuchaba en primer lugar, un ruido de alerta emitido desde 0°. 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 para resolver los siguientes ensayos hasta finalizar la prueba que duraba 1 hora aproximadamente. Las variables bajo estudio fueron: estímulo (UA, UR, TA, TR) y posición de la fuente (casi adelante: entre $\pm 5^\circ$ - $\pm 15^\circ$; lateral intermedia: entre $\pm 25^\circ$ - $\pm 35^\circ$ y lateral: entre $\pm 50^\circ$ - $\pm 60^\circ$). 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 (fijo dentro de un bloque). Las variables dependientes medidas fueron las mismas que en el estudio original: *error constante (EC)* y *error variable (EV)* que se explican en el próximo punto; *latencia inicial:* desde el comienzo del estímulo hasta el primer movimiento de cabeza; *latencia final:* desde el comienzo del estímulo hasta que aprieta el botón; *respuesta de movimiento de cabeza, RMC:* patrón de movimiento desde que comienza el estímulo hasta que la cabeza alcanza la posición final.

Procesamiento de datos: Se calcularon para cada sujeto y para cada condición experimental los siguientes tres índices: PFP: posición final de la cabeza promedio (promedio de 10 repeticiones); EC: error constante (diferencia entre la posición real del parlante y la PFP); EV: error variable (desviación estándar de la PFP). El EC es una medida de precisión mientras que el EV es una medida de la consistencia del rendimiento del participante. Ambos índices en conjunto dan cuenta de la habilidad del individuo para realizar la tarea.

Analizamos el efecto de las variables independientes sobre los ECs y EVs con ANOVA bifactorial de medidas repetidas y estudiamos cualitativamente las RMCs y el resto de las variables calculadas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES PRELIMINARES

Se observó un efecto significativo de la variable Posición del parlante sobre los ECs ($F(5,45)=13,01$; $p\text{E} .000$). El análisis post hoc indicó que se cometieron significativamente más errores en la región Lateral de ambos hemisferios (izquierdo y derecho) siendo la región Lateral izquierda la más difícil. Por otra parte, todos los errores promedio cometidos fueron de subestimación a excepción del leve error promedio de sobreestimación ($2,5^\circ$) en la región Casi adelante izquierda. Se observó además, una interacción significativa de Estímulo y Posición del parlante sobre los ECs ($F(15,135)=10,98$; $p\text{E} .000$). El análisis post hoc mostró que se cometieron significativamente más errores con las señales únicas (UA y UR) que con los trenes tanto en la región Lateral como en la Lateral intermedia de ambos hemisferios. En la región Casi adelante (tanto izquierda como derecha) los participantes fueron muy precisos con los cuatro estímulos utilizados.

En relación a los EVs solamente se observó un efecto significativo de la Posición del parlante ($F(5,45)=3,77$; $p\text{E} .006$). El análisis post hoc indicó que el rendimiento de los participantes es significativamente más consistente (menor variabilidad) en la región Casi adelante de ambos hemisferios que en las regiones Lateral izquierda y derecha, siendo la primera la más

variable de ambas (menor consistencia).

En relación a las latencias iniciales promedio (N=10) observamos por una parte, que los participantes tardan menos en comenzar a mover la cabeza cuando el estímulo se presenta desde las regiones laterales (Lateral y Lateral intermedia tanto izquierda como derecha) que cuando se lo presenta desde la región Casi adelante de ambos hemicampos. Por la otra, que dentro de esta última región, tardan más con estímulos trenes que con estímulos únicos siendo este efecto mayor en la región Casi adelante derecha.

En cuanto a la distancia (angular) total recorrida promedio (N=10) observamos que en general se ajustan al rendimiento ideal (distancia total recorrida si el participante hubiera realizado un único y preciso movimiento de cabeza) con dos excepciones: una mayor distancia recorrida en la región Lateral (izquierda y derecha) con los estímulos únicos mientras que con los estímulos trenes, el mayor recorrido se observó en la región Casi adelante.

Por último, la RMC se describe a partir de los movimientos sacádicos que realiza el participante con la cabeza, esto es, el desplazamiento de su posición con una duración mínima de 100 ms y un cambio mínimo de 1°. Analizamos cualitativamente algunas de las RMCs realizadas por algunos participantes en ensayos fáciles y difíciles. Observamos que la mayoría realiza un primer sácade mayor, más rápido en la dirección correcta, a manera de primera aproximación a la fuente sonora. Luego realiza sácares menores a menor velocidad que mejoran la primera aproximación. Es interesante mencionar que la primera parte de la RMC (sácade mayor) resultó muy similar entre participantes, en cambio hubo una mayor variabilidad en el patrón de respuesta de la última porción (sácares menores), probablemente mostrando estrategias individuales utilizadas para resolver la prueba.

Estos resultados tomados en su conjunto -en acuerdo con el estudio de referencia (Perrott y otros, 1987)- muestran que la tarea de girar la cabeza hasta justo enfrentar la fuente arroja similares resultados que los obtenidos en estudios estáticos de localización sonora con tareas clásicas (por ejemplo, reportes verbales o señalar o apuntar con la mano en la dirección de la fuente sonora). Apuntan a favor de la hipótesis sugerida en el estudio de referencia según la cual existiría una ajustada coordinación psicomotora auditiva que vincula la posición percibida de la fuente sonora con el movimiento que realiza la cabeza para enfrentarla.

Nuestros participantes fueron muy precisos y consistentes en la región Casi adelante (izquierda y derecha) con los cuatro estímulos utilizados. Tardaron más en iniciar el movimiento y recorren mayor distancia angular comparada con la distancia ideal, especialmente cuando se utiliza tren real (TR), reflejando probablemente la estrategia de 'ajustar la precisión'.

Cometieron significativa y consistentemente más errores sistemáticos en la región Lateral de ambos hemicampos, siendo la Lateral izquierda la más difícil. Tardaron menos en iniciar el giro de cabeza y la distancia recorrida es similar a la ideal. Además, como era de esperar, se cometieron más errores en estas regiones con estímulos únicos que con estímulos trenes (tanto artificiales como reales).

La primera porción de la RMC 'de aproximación' (primer sácade mayor) resultó similar entre los participantes mientras que se observaron características particulares en la segunda porción 'de ajuste en la precisión' (sácares menores) poniendo en evidencia probablemente estrategias individuales para resolver la tarea.

En síntesis, los resultados obtenidos por estos participantes con visión y audición normales evidencian un muy buen ajuste con los resultados reportados en la literatura previa con lo cual se constituyen en adecuado grupo control contra en cual contrastar el rendimiento de los participantes con discapacidad sensorial con los que trabajaremos en un futuro próximo.

BIBLIOGRAFÍA

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

ARIAS, C. & RAMOS, O. A. (2004b). Ecolocación humana desde una perspectiva ecológica y cognitiva. *Memorias de las XI Jornadas de Investigación. Psicología, sociedad y cultura*. ISSN 1667-6750. Tomo III, 328-330. Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Buenos Aires.

ARIAS, C.; RAMOS, O.A. (2005a). Ecolocación humana: movimientos exploratorios de cabeza. *Memorias de las XII Jornadas de Investigación. Primer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur*. ISSN 1667-6750. Tomo II, 407-409. Facultad de Psicología, UBA. Buenos Aires, Argentina.

PERROTT, D.R.; AMBARSOON, H. & TUCKER, J. (1987). 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.

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

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