

Ecolocación humana: movimientos exploratorios de cabeza.

Arias, Claudia y Ramos, Oscar A.

Cita:

Arias, Claudia y Ramos, Oscar A. (2005). *Ecolocación humana: movimientos exploratorios de cabeza. XII Jornadas de Investigación y Primer Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-051/54>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/ewYf/ymN>

ECOLOCACI3N HUMANA: MOVIMIENTOS EXPLORATORIOS DE CABEZA

Arias, Claudia; Ramos, Oscar A.
CINTRA, FRC, UTN - UA del CONICET; CINTRA y CIFYH, FFyH, UNC

Resumen

Nos hemos abocado a estudiar interdisciplinariamente la ecolocaci3n humana, habilidad que resulta crucial para la persona ciega. Se trata de un fen3meno perceptual -enmarcado en el 3rea escasamente estudiada de los procesos cognitivos de la audici3n cotidiana de sonidos no verbales- que implica usar sonidos autoproducidos para detectar, localizar y reconocer objetos que no se ven. El prop3sito general de la l3nea consiste en avanzar en la compresi3n de este proceso en pos de sentar las bases de un programa de entrenamiento -asistido por el Entrenador Ac3stico Virtual que estamos desarrollando- destinado a la persona ciega. El presente trabajo aborda un tema con muy escaso desarrollo investigativo: los movimientos de cabeza que espont3neamente se realizan en la localizaci3n sonora y en la ecolocaci3n. Exponemos aspectos te3ricos de esta tem3tica y describimos brevemente la etapa experimental en la que estamos involucrados.

Palabras Clave

claves din3micas en localizaci3n

Abstract

HUMAN ECHOLOCAION: EXPLORATORY HEAD MOVEMENTS

Echolocation -an active mode of perception that is crucial for the blind person- is defined as the ability to process acoustic information contained in echoes produced by the reflexion of selfgenerated sounds on the surrounding obstacles. Research studies on human echolocation are scarce and non systematic although it has very recently been observed a resurgence of interest in this field. The general goal of our interdisciplinary long-term project is to study the human echolocation ability in order to lay down the theoretical and practical basis of a training program assisted by the Virtual Acoustic Trainer (under development by us), to safely train the echolocation ability of the visually handicapped person. In this paper, we describe theoretical aspects of a neglect area of research, i.e., spontaneous exploratory head movements during sound localization and echolocation. Also, we outline the experimental stage we are involved in.

Key words

dynamics cues sound localization

INTRODUCCI3N

Nuestra labor cient3fica comenzada en los 80, est3 sustentada por el firme convencimiento de que el desarrollo de habilidades perceptuales genuinas e inexploradas promover3 una manera m3s justa de participaci3n, as3 basada en una real correspondencia entre capacidades y oportunidades. Nos hemos abocado a estudiar sistem3tica e interdisciplinariamente la ecolocaci3n humana, habilidad que adquiere significado vital para la persona ciega. Este objeto de estudio se inscribe en el 3rea tan escasamente estudiada como promisoria de los procesos cognitivos de la audici3n cotidiana que implican la utilizaci3n de sonidos autoproducidos para detectar, localizar y reconocer objetos que no se ven. (Arias, 1996; Arias y Ramos, 2004 b y c).

El prop3sito general de nuestra l3nea de investigaci3n consiste en avanzar en la compresi3n del proceso de ecolocaci3n humana y sus mecanismos subyacentes en pos de sentar las bases te3ricas pr3cticas de un programa de entrenamiento -asistido con el *Entrenador Ac3stico Virtual* que estamos desarrollando actualmente (Ramos, 2004)- destinado a la persona discapacitada visual. Esperamos de esta manera contribuir al logro de su movilidad independiente lo que promover3 su plena participaci3n social.

Exponemos seguidamente, aspectos te3ricos de la dimensi3n din3mica de la localizaci3n sonora y de la ecolocaci3n -3rea tem3tica con muy escaso desarrollo cient3fico- y aspectos metodol3gicos de las pruebas experimentales que implementaremos en breve.

CONSIDERACIONES TE3RICAS

Audici3n y ecolocaci3n seg3n enfoques cognitivo y ecol3gico de la percepci3n

Determinar caracter3sticas de la fuente sonora a partir de la informaci3n contenida en los sonidos que ella produce, es una habilidad crucial que utilizamos regularmente aunque ha recibido escasa atenci3n cient3fica (Yost, 1991; McAdams, 1993). Por otra parte, en la mayor3a de los estudios sobre la audici3n no se les permite a los participantes generar sonidos o los que producen espont3neamente se consideran irrelevantes para el fen3meno bajo estudio. Sin embargo, es frecuente y cotidiano que se generen sonidos con el prop3sito espec3fico de obtener informaci3n. Dos caracter3sticas fundamentales tienen los sonidos autoproducidos: a) el sujeto los controla y manipula y b) el sonido autogenerado llega a los o3dos dos veces: directamente de la fuente, el pie o tracto vocal, por ejemplo (sonido directo) y nuevamente cuando se refleja en las superficies del entorno (sonido reflejado). Un ejemplo contundente del uso de sonidos autoproducidos lo brinda el murci3lago y su extraordinaria habilidad de ecolocaci3n. En relaci3n a los humanos, se ha argumentado recientemente que usar3an regularmente la ecolocaci3n aunque sin ser concientes de ello (Stoffregen y otro, 1995).

Se han descriptos dos modalidades b3sicas y complementarias de ecolocaci3n: a larga y corta distancia. Esta 3ltima -la se3al directa y la reflejada no se perciben separadas sino fusionadas- es la que mayor significaci3n tiene en la vida diaria de una persona ciega ya que le sirve no s3lo para orientarse en el espacio sino tambi3n para proteger su integridad f3sica.

Es probable que dos fen3menos de fusi3n auditiva estudiados en participantes con visi3n normal est3n implicados en esta

modalidad: la altura tonal de la repetición y el efecto precedente (Arias, Ramos y otros, 2005). El primer fenómeno se produce toda vez que se escucha un sonido al que se le ha sumado su réplica luego de un breve retardo de tiempo (señal directa y reflejada respectivamente, en una situación ideal de ecolocación).

Estaría principalmente involucrado para un objeto ubicado enfrente del sujeto a la altura de su rostro. La presencia del mismo podría determinarse por la presencia/cambio de tonalidad de la señal autogenerada. Sus características se extraerían de los indicios espectrales y espaciales contenidos en el estímulo fusionado. El efecto precedente ocurre cuando dos sonidos similares se presentan desde diferentes lugares separados por un breve retardo de tiempo. La persona escucha sólo un sonido que ubica según la dirección del sonido que le llegó primero, llamado líder. El sonido que llega más tarde se llama retardado y se corresponden con la señal directa y la señal reflejada, respectivamente, del paradigma de ecolocación. Estaría involucrado en la situación en la que el objeto está ubicado fuera del plano medio sagital (Blauert, 1997; Litovsky y otros, 1999; Arias y Ramos, 2003).

Por otra parte, las claves dinámicas involucradas en audición espacial -los movimientos de la cabeza en la localización sonora, por ejemplo- juegan un papel fundamental. Se ha observado que algunas personas ciegas realizan un movimiento particular de búsqueda con la cabeza mientras ecolocan semejante a los delfines cuando ecolocan en agua turbia.

Movimientos de cabeza durante la localización de sonidos

La agudeza auditiva espacial en los humanos es pobre comparada con la agudeza visual por lo que éste es el canal sensorial óptimo para la adquisición de la información espacial. Sin embargo, la resolución visual es óptima sólo dentro de una "ventana frontal" relativamente angosta de 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 dónde está mirando. Además, mientras que la luz viaja en línea recta, los sonidos se propagan alrededor de la mayoría de los objetos o se reflejan en ellos por lo que el escucha puede disponer de información espacial de objetos que no pueden verse. En situaciones de alta incertidumbre espacial cuando no se sabe para dónde mirar, la potencia del sistema auditivo para proveer información espacial útil es excelente. Es posible suponer que el sistema auditivo provee información sobre eventos remotos para que el sujeto pueda reorientar la 'ventana frontal' hacia la fuente, así entra en juego la alta capacidad de resolución espacial del sistema visual (Perrott y otros, 1987).

La mayoría de los estudios científicos sobre la habilidad de sujetos con visión normal de extraer información espacial del ambiente a través de la vía auditiva están referidos a situaciones estáticas. 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 sujetos pueden detectar fuentes sonoras estáticas cuando se les permite mover libremente 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.

Thurlow y otros (1967a) estudiaron la naturaleza y magnitud de los cambios angulares en la posición de la cabeza mientras un sujeto intentaba localizar la dirección de una fuente sonora. Describe tres tipos de movimiento: rotación (izquierda/derecha), pivot (oreja hacia hombro del mismo lado) y movimiento arriba/abajo (tip).

Perrott y otros, utilizando un sensor primitivo de movimiento de cabeza y trabajando a oscuras, examinaron la situación inversa: la capacidad del sujeto para orientar su cabeza basándose sólo en información acústica. Su tarea consistía en girar la cabeza tan pronto como comenzaba el sonido experimental hasta enfrentar la fuente sonora con la mayor precisión posible. Lo

más sorprendente fue corroborar que una respuesta motora gruesa (movimiento de la cabeza) esté tan bien determinada sólo por la información auditiva especialmente en la región comprendida entre $\pm 30^\circ$ del plano medio del sujeto. Definen la variable respuesta de movimiento de cabeza, RMC: todos los movimientos de la cabeza desde que empieza hasta que termina de moverla. Observaron y describieron el patrón de RMC que, bajo condición binaural, se compone de una serie de movimientos discretos o sácades. Este patrón resultó muy similar al patrón de un tipo de movimientos sacádicos de los ojos descrito en la literatura, a excepción de la mayor velocidad de estos últimos. Vincula estos resultados con la existencia hipotética de una íntima conexión entre el canal espacial auditivo y el sistema motor que permitiría que el sujeto se oriente hacia los eventos externos de manera análoga a un 'mapa' a través del cual se relaciona la posición percibida de la fuente sonora con la posición de la cabeza al final de la RMC.

Movimientos de cabeza en la ecolocación

Kellogg (1962) estudió la habilidad de ecolocación de dos sujetos ciegos con muy buena movilidad independiente y dos controles con visión normal ocluida. Describe una conducta observada claramente sólo en los sujetos ciegos: rotan la cabeza de un lado y a otro en ángulos que varían entre 5° a 45° del plano medio mientras emiten la señal de ecolocación. Señala la importancia de esta conducta que denomina "exploración auditiva", en tanto es muy similar a la estrategia que usan las marsopas y delfines cuando localizan un objeto en agua turbia. Estos movimientos laterales de la cabeza producen una modulación continua de las diferencias de intensidad y fase de los ecos que llegan a los oídos. Al acentuarse las diferencias interaurales, el sujeto logra mayor precisión para localizar el objeto. Señala un hecho sorprendente, que también corroboramos en uno de nuestros estudios: uno de los sujetos ciegos movía la cabeza de arriba a abajo (tip) mientras emitía su señal de ecolocación como si estuviera tratando de "apuntar" con el sonido al objeto para detectar bordes.

NUESTRAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Basándonos en el trabajo de Perrott descrito, hemos elaborado tres pruebas que administraremos -utilizando el Sensor de Movimiento de Cabeza, SPA, construido por nuestro equipo- a 15 Ss distribuidos en tres grupos: a) 5 Ss con visión y audición normales. b) 5 Ss ciegos con buena movilidad independiente. c) 5 Ss con visión normal e hipoacusia profunda unilateral (360 dB) de larga data (más de 5 años). En todas las pruebas mediremos las mismas variables dependientes ya explicadas.

Prueba de localización de sonidos directos:

Objetivo: Describir características principales del movimiento de cabeza mientras se localiza un sonido en el plano azimutal disponiendo solamente de información auditiva.

Procedimiento: se posicionan tres parlantes a la derecha y tres a la izquierda del plano azimutal. El experimento se conduce a oscuras en una sala sonoamortiguada. El sujeto permanece sentado, escucha un ruido de alerta desde el frente, luego un intervalo de silencio y después, el ruido experimental desde alguna de las seis posiciones mencionadas. Su tarea consiste en enfrentar el ruido de alerta (cesa con la posición justa) y girar su cabeza hasta enfrentar el sonido experimental (se emite cuando cesa el primero) apretando un botón para indicar que alcanzó, a su juicio, la posición justa.

Diseño: las variables bajo estudio serán: estímulo (pulso angosto vs tren de pulsos vs click vs tren de clicks); posición de la fuente ($\pm 5^\circ$ - 15° vs $\pm 25^\circ$ - 35° vs $\pm 55^\circ$ - 65°) y condición viso-auditiva (Ss visión y audición normales vs Ss ciegos vs Ss visión normal e hipoacusia profunda unilateral).

Prueba de localización sonora bajo condición de precedencia: Utilizaremos el mismo arreglo experimental y procedimiento descrito y el sistema de posicionamiento de altavoces (SPA) que construimos especialmente, en dos condiciones experimen-

tales de precedencia: a) dos fuentes - discriminación del sonido líder (la información relevante está contenida en la fuente líder) y b) dos fuentes - discriminación del sonido retardado (la información relevante está contenida en la fuente retardada). Las variables bajo estudio serán: estímulo (tren de pulsos vs tren de clicks); condición de precedencia (precedencia para fuente líder vs precedencia para fuente retardada); posición de la fuente (idem anterior) y condición viso-auditiva (idem anterior).

Prueba de ecolocación con obstáculo real: Se ubicarán en la sala de pruebas seis placas de aluminio de 300 cm² acústicamente ocultas, en distintas posiciones fijas. El experimentador en cada ensayo descubrirá al azar una de las placas. El participante permanecerá sentado en el centro de la sala y la prueba se realizará a oscuras. Su tarea consistirá en alinear su cabeza enfrentando la señal de alerta, luego deberá localizar el objeto generando el sonido de su preferencia. El ensayo termina cuando apunta con su nariz en la dirección que juzga que se encuentra el objeto y aprieta el botón de indicación. Las variables bajo estudio serán: posición (seis posiciones fijas en el plano azimutal) y condición viso-auditiva (idem anterior).

COMENTARIOS FINALES

La ecolocación es una habilidad de importancia capital para las personas ciegas en tanto contribuye a superar la grave limitación que impone la ceguera en el área de la movilidad independiente. Las últimas investigaciones sobre este tema tan escasamente estudiado parecen señalar que los humanos usan regularmente esta genuina y sorprendente habilidad en situaciones cotidianas sin ser conscientes de ello.

El estudio de la ecolocación desde la perspectiva original que proponemos, además del profundo valor científico que tiene en sí mismo, constituye un desafío substancial para el estudio de la audición en general. Una persona ciega con buena movilidad independiente ofrece una oportunidad única como modelo experimental para estudiar aspectos dinámicos implicados en la localización sonora y en la ecolocación en situaciones reales y cotidianas que tienen tan escaso desarrollo en la literatura científica, a pesar de la importancia que revisten, esto es, los movimientos de cabeza y los movimientos de exploración auditiva.

Es de destacar que los trabajos descriptos tomados en su conjunto ponen de manifiesto la potencia del sistema auditivo como excelente procesador de información espacial cuando no se disponen de claves visuales. Además, los resultados experimentales obtenidos apuntan a favor de la hipótesis de una estrecha vinculación entre el sistema auditivo y el sistema motor que permite relacionar la posición sonora percibida con la posición final de la cabeza.

Asimismo, hacemos notar que el sujeto conoce y controla la señal de ecolocación puesto que él es quien la genera, particularidad que le confiere al tema que nos ocupa por sus importantes implicancias cognitivas perceptuales, aún más interés investigativo.

Los esfuerzos centrados en lograr que la persona discapacitada visual se movilice en forma independiente y eficaz darán beneficios en lo social y laboral, otro aspecto muy conflictivo que impone la ceguera. Sólo cuando la persona ciega se inserta en el aparato productivo de la sociedad se puede hablar de una efectiva integración social desde la perspectiva de una real correspondencia entre capacidades y oportunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS, C. (1996). L'Echolocation humaine chez les handicapés visuels. *L'Année Psychologique*, 96(4), 703-721.
- CLAUDIA ARIAS, OSCAR A. RAMOS (2003) Audición espacial en ambientes reverberantes: aspectos teóricos relevantes. *Revista Interamericana de Psicología / Interamerican Journal of Psychology*. Vol. 37, Num. 2, pp. 371-380.
- ARIAS, C y RAMOS, O. (2004b) Ecolocación humana desde una perspectiva ecológica y cognitiva. *Memorias XI Jornadas de Investigación. Psicología, sociedad y cultura*, págs 328-330. Facultad de Psicología, UBA
- ARIAS, C y RAMOS, O. A. ARIAS, C. (2005) - La ecolocación humana como sistema natural de sustitución sensorial (1° parte) Año XV, Nro 173, 18-19.
- ARIAS, C.; RAMOS, O.; ORTIZ SHARP, A.; HÜG, M. X. (2° parte). *El Cisne*. Año XV, Nro 174, 18-19.
- BLAUERT, J. (1997) *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization*, Revised Edition. The MIT Press, Cambridge, MA.
- KELLOGG, W.N. (1962). Sonar system of the blind. *Science*, 137, 399-404.
- MCADAMS (1993). Recognition of sound sources and events. Págs. 146-198. In *Thinking in sound: the cognitive psychology of human audition*. Eds. S McAdams & E. Bigand. Oxford University Press
- 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.
- RAMOS, O.A. (2004). *Entrenador Acústico Virtual para la Movilidad Independiente de la Persona Ciega*. Encuentro de Investigación Tecnológica organizado por el Instituto Tecnológico Córdoba.
- STOFFREGEN, T.A.; PITTENGER, J.B. (1995). Human echolocation as a basic form of perception and action. *Ecological Psychology*, 7, 3, 181-216.
- 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.
- YOST, W.(1991) Auditory image perception and analysis: The basis for hearing. *Hearing Research*, 55, 8-18