





Análisis de la precisión sensoriomotora en niños Sordos mediante un juego rítmico

Guerrero-Arenas, Coral Italú; Hernández-Santana, Guillermo; Borne, Leonardo; Osornio-García, Fernando

 **Coral Italú Guerrero-Arenas**
italuguerrero@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México, México

 **Guillermo Hernández-Santana**
italuguerrero@gmail.com
Universidad Autónoma de Baja California, México

 **Leonardo Borne** leo@ufmt.br
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

 **Fernando Osornio-García**
fernandofuog@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Epistemus

Universidad Nacional de La Plata, Argentina
ISSN-e: 1853-0494
Periodicidad: Semestral
vol. 11, núm. 2, 2023
coordinacion@revistas.unlp.edu.ar

Recepción: 30 Octubre 2023
Aprobación: 06 Noviembre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/727/7274640008/>

DOI: <https://doi.org/10.24215/18530494e061>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: Las habilidades sensoriomotoras (HSM) representan acciones coordinadas en respuesta a estímulos externos en sincronía con la música, como el aplauso o el baile. Estas habilidades emergen durante el desarrollo infantil y este desarrollo suele estar influenciado por eventos acústicos, como la música y el lenguaje. La consolidación de las HSM se encuentra relacionada con procesos cognitivos tales como la memoria de trabajo y la atención. En el estudio presentado en el presente artículo se llevaron a cabo evaluaciones de niños de edades comprendidas entre los 5 y 8 años, oyentes y Sordos, a través de la ejecución de tareas de sincronización musical. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se observó que los niños Sordos necesitaban un esfuerzo aproximadamente duplicado en comparación con niños oyentes para alcanzar el mismo nivel de rendimiento en estas tareas. Además, se identificaron tres enfoques distintos de juego utilizados por los participantes para llevar a cabo las tareas. Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una base para comprender las estrategias de juego empleadas por los niños Sordos y su relación con el desarrollo de las habilidades sensoriomotoras en este grupo demográfico. Este fenómeno podría estar asociado con el nivel de competencia lingüística y el desarrollo motor, aunque es importante señalar que se requiere una recopilación adicional de datos para validar esta hipótesis de manera contundente.

Palabras clave: Sordera, infancias, música, cognición, habilidades sensoriomotoras.

Abstract: Sensorimotor skills (SMS) encompass coordinated responses to external stimuli, such as clapping or dancing in time to music. These skills emerge during childhood development and are often shaped by acoustic events, such as music and language. The consolidation of SMS is connected to cognitive processes like working memory and attention. In the study presented in this paper, evaluations were conducted on children aged 5 to 8, encompassing both typically hearing children and deaf children, by means of the performance of tasks involving musical synchronization. Although no statistically significant differences were discovered, it was observed that deaf children require approximately twice the effort compared to their hearing peers to attain the same level of performance in these tasks. Additionally, three distinct approaches to gameplay were identified among the participants when carrying out the tasks. The results of this study lay the groundwork for comprehending the gaming strategies employed by deaf children and their relationship to

the development of sensorimotor skills within this demographic group. This phenomenon may be linked to the degree of linguistic proficiency and motor maturation; however, it is essential to gather additional data to substantiate this hypothesis more conclusively.

Keywords: Deafness, children, music cognition, sensorimotor skills.

Introducción

Las habilidades sensoriomotoras (HSM) son definidas como la coordinación o la sincronización de las acciones o movimientos con un ritmo o estímulo externo típicamente sonoro (Repp y Penel, 2002; Tranchant et al., 2017), aunque también pueden ser elicitadas a partir de estímulos visuales. Además de la función motriz, las HSM requieren de otras funciones cognitivas para procesar la información temporal y secuencial donde se desarrollan, entre ellas la memoria de trabajo, la atención y el control visomotor para sincronizar la acción con el estímulo (Monier y Droit-Volet, 2019). En ese sentido, Hyun-Woong Kim et al. (2022) mencionan que las HSM, la memoria de trabajo y la percepción rítmica se desarrollan de forma similar durante la infancia, y que alcanzan una mayor eficiencia alrededor de los 8 años cuando las áreas visomotoras están en proceso de maduración (ver también Monier y Droit-Volet, 2019).

Marieke Van Der Steen y Peter Keller (2013) hacen énfasis en que la HSM son consolidadas en gran medida a través de contextos sociales, dado que otros seres humanos producen las secuencias con las cuales los movimientos son organizados y esto se fortalece desde la infancia, por ejemplo, cuando los cuidadores cantan y aplauden para que los niños los imiten.

Las HSM más precisas requieren de una adaptación temporal donde se realicen acciones de error-corrección y, además, de un proceso predictivo que también se da en estos planos secuenciales (Van Der Steen y Keller, 2013). Aunque las HSM parecen ser cercanas al dominio musical, no son exclusivas de esta experiencia; sin embargo, pueden ser manipuladas y consolidadas desde el elemento rítmico, dado que construcción temporal y secuencial de la música ofrece un marco estructurado para sincronizar el movimiento y facilita la predictibilidad y la anticipación. El procesamiento secuencial indica qué pasó antes y lo que vendrá a continuación, mientras que el temporal da pauta de cuándo sucederá el evento (Carrasco et al., 2016). Particularmente, el ritmo se considera un principio organizador, fundamental de la función cerebral (Patel e Iversen, 2014). Se ha observado que la sincronización del movimiento con un estímulo musical emerge sin ningún entrenamiento específico, y es alrededor de los dos años cuando los niños pueden moverse rítmicamente en respuesta a la música, momento en el que se manifiesta un control motor más desarrollado (Levitin et al., 2018).

Un conocimiento extendido sobre las personas Sordas es que parece haber un aumento en otras habilidades que no están relacionadas con el sentido de la audición, por ejemplo, en la coordinación visomotora y la detección de estímulos visuales en la periferia (Tranchant et al., 2017; Bavelier et al., 2006). No obstante, esto puede ser también resultado de una serie de variables y de

las características interindividuales de las personas, por ejemplo, la edad en que se adquirió la Sordera, si esto fue antes o después de adquirir un sistema comunicativo (prelocutivo o poslocutivo), la etiología de la Sordera y el propio contexto sociocultural.

John Iversen et al. (2015) y Jessica Phillips-Silver et al. (2015) observaron que las personas Sordas adultas sincronizaban con estímulos visuales de modo similar a las personas oyentes, indicando que es posible que las primeras utilicen mecanismos neuronales auditivos para procesar la información visual. La conectividad funcional de las áreas motoras y visuales durante una tarea conjunta de ver y hacer crea mayor especialización en el procesamiento visual (Smith y Sheya, 2010). Reforzando lo anterior, hay estudios que muestran que la corteza auditiva se activa cuando las personas Sordas ven señas u otro tipo de estímulos visuales (Fine et al., 2005), es decir, que a nivel cerebral hay un proceso de plasticidad que recluta áreas destinadas típicamente a la audición para procesar señales visuales. Dado que esto parece estar más presente en adultos que en niños, quizá esté mayormente determinado por la competencia en lengua de señas que –al ser un tipo de comunicación viso-gestual– se desarrolla en localizaciones específicas del espacio (Liddel, 1996), lo que iría refinando el procesamiento visual a través del tiempo y el uso de este sistema comunicativo. Esto cobra relevancia debido a que hay una estrecha relación entre la adquisición de la lengua de señas y el desarrollo motor, particularmente alrededor de los dos años, donde estos procesos muestran una progresión considerable (Bonvillian et al., 1983). En el caso de los niños Sordos, la edad promedio de la adquisición de una lengua de señas es alrededor de los 15 años (Guerrero-Arenas y Hernández-Santana, 2022). Esto se produce a causa de factores socioculturales, familiares, educativos e incluso políticos, que establecen condiciones insuficientes para un diagnóstico temprano y –posteriormente– para el acceso a un sistema educativo pertinente para las necesidades de la población infantil Sorda.

Hay reportes que señalan que hay una menor construcción del ritmo interno en niños Sordos^[i], esencial para generar patrones temporales (Hidalgo 2017, 2021), lo que sustenta el supuesto de que algunos procesos basados en temporalidad y espacialidad pueden estar afectados por la Sordera (Mason et al., 2021; Conway et al., 2009). Sin embargo, tomando en consideración que la música se compone de diferentes elementos (melodía, armonía y ritmo), las habilidades rítmicas pueden ser desarrolladas a temprana edad en niños Sordos. Esto es posible porque la percepción rítmica requiere un análisis espectral menor que la discriminación tonal (Hidalgo et al., 2021), haciendo que el ritmo pueda ser percibido a través de otros sentidos, sin que la audición sea el principal medio para ello.

En ese sentido, Alessandro Benedetto y Gabriel Baud-Bovy (2021) indican que la habilidad para percibir ciertas regularidades en patrones auditivos que emergen a partir de la extracción de patrones rítmicos específicos (por ejemplo, el pulso) dependen del contexto temporal y del ambiente cultural. Bajo esa premisa, en el caso de las personas Sordas estos patrones pueden ser encontrados a través de la consistencia visual del pulso en un extracto visual. Es decir, discriminar visualmente patrones rítmicos regulares y ajustar una conducta motora en respuesta a ello, de manera análoga a la sincronización sensoriomotora mediada solo por estímulos auditivos. La integración del sistema sensoriomotor

es compleja, por lo que la superposición en la ejecución de tareas (por ejemplo, escuchar y/o ver un ritmo mientras se coordina una acción motora en respuesta) implica abstracciones cognitivas de mayor orden (Smith y Sheya, 2010).

Hay evidencia indicando que las HSM y las habilidades rítmicas pueden ser potenciadas a través de la ejecución de juegos musicales (Bégel et al., 2017), pues este tipo de actividades tienen un potencial como herramienta para diseñar escenarios posteriores que puedan potenciar este tipo de habilidades. En este sentido, Walter Boot (2015) comenta que a través de la interacción de las personas con los juegos se pueden entender conductas y cogniciones y –a partir de ello– sería posible construir un modelo de jugador cognitivo que evalúe procesos relacionados con las habilidades motoras.

A partir de lo anterior, en este trabajo se presenta un primer prototipo de juego rítmico para niños Sordos, que pueda ser una herramienta de estimación de la precisión sensoriomotora a partir de estímulos audiovisuales. La pregunta que dirige esta investigación es: ¿cómo es la precisión sensoriomotora de niños Sordos estimada a través de un juego rítmico digital? Derivado de ello, el objetivo fue hacer una estimación de la precisión sensoriomotora a través de un juego rítmico ejecutado en un dispositivo digital, en niños Sordos de entre 5 y 8 años.^[ii]

Metodología

Diseño

Se planteó un diseño descriptivo y transversal. Se optó por un estudio piloto para observar algunos aspectos metodológicos y procedimentales que lleven a una mejora en una investigación a mayor escala (Díaz-Muñoz, 2020).

La investigación se contextualiza en la Ciudad de México. Los participantes Sordos fueron estudiantes de una institución destinada a la enseñanza básica en Lengua de Señas Mexicana. Los participantes oyentes fueron voluntarios captados a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Participantes

Para este estudio obtuvimos datos de 24 infantes Sordos (12 niñas y 12 niños) prelocutivos^[iii] (profundos e hipoacúsicos) y comparamos con los de 11 infantes oyentes (4 niñas y 7 niños), ambos grupos de entre 5 y 8 años (± 6.85). Ninguno de los participantes Sordos tenía implante coclear.

Primeramente, explicamos a los tutores de los participantes las actividades que realizaríamos con los infantes y luego firmaron un consentimiento informado; además, se pidió el asentimiento de cada menor antes de iniciar la prueba. Antes de comenzar el juego se estableció un *rappport* (técnica para establecer una relación empática con los participantes y facilitar el proceso de investigación o intervención) con cada uno de los participantes para favorecer su confianza para realizar esta investigación.

Procedimiento

Se diseñó y programó un juego digital basado en tareas musicales de sincronización, optimizado para celulares Android. Al inicio de juego se insertó un video donde una colaboradora Sorda presentó e instruyó el juego en Lengua de Señas Mexicana (LSM) y en narración oral para los participantes oyentes. Este video estaba acompañado de elementos visuales que complementaban la instrucción con el fin que los participantes entendieran la mecánica del juego.

La aplicación constaba de tres niveles basados en diferentes canciones infantiles que incrementaban su complejidad progresivamente en cuanto a estructura rítmica y tempo. Se eligieron canciones infantiles del cancionero tradicional mexicano, en base a la idea de que la inserción cultural es un elemento necesario para realizar actividades musicales. Por ello, nos basamos en las ideas sobre la función de las canciones de Willems para el estudio (Parejo, 2011).^[iv]

En la aplicación se representaron figuras rítmicas de notación musical tradicional –como blancas, negras y corcheas– que iban cayendo de acuerdo con el patrón musical, y los participantes debían destruirlas al presionar un botón digital (de modo similar a los videojuegos de bandas musicales o de danza en un tablado o alfombra). Si no hay una sincronización con el estímulo, la figura rítmica no se destruirá. Esta mecánica de juego da una estimación de la precisión en la HSM, definida como la exactitud y el control para ejecutar un movimiento. El movimiento ejecutado es el *finger tapping* (pulsación de dedos), que es una de las herramientas más simples usada en estudios de psicología cognitiva dirigidos a estudiar las habilidades rítmicas (Bégel et al., 2017).

El primer nivel (T1) se basó en un compás de 4/4, ritmo constante y sincrónico e inicio tético (es decir, la canción empieza con un pulso fuerte). Cada frase musical es igual, con seis notas iguales y una larga al final, y sin complejidad melódica ni armónica. La estructura musical es ABA, esto es, dos células rítmicas idénticas que se repiten dos veces, y una parte B con otras dos células rítmicas que se repiten dos veces.

El segundo nivel (T2) presentaba cambios en la estructura rítmica. Se basó en un compás de 3/4, y forma AA', lo que significa que las dos frases que estructuran la canción no son idénticas. Además, el ritmo es menos predecible, en parte porque el comienzo es anacrúsico. La anacrusa es una nota o grupo de notas no acentuadas al principio de una frase musical, formando un ritmo ascendente (Kennedy y Kennedy, 2013). La anacrusa genera una sensación de anticipación hacia el pulso consecuente, que se establece en una sensación de temporalidad auditiva. Lo anterior significa que, al dar la anacrusa una sensación de anticipación, ésta genera una percepción más clara (auditivamente) de que *algo* va a suceder después. En el marco de una tarea visual, este tipo de comienzo es difícil de reconocer sin un contexto de retroalimentación musical auditiva.

El último nivel (T3) tiene una complejidad rítmica diferente debido a la agrupación de notas y al tempo más rápido que el de los niveles anteriores. Se trata de una canción en tiempo binario con subdivisión ternaria de 6/8. La forma musical es AA', como en el nivel anterior, y tiene un inicio anacrúsico.

Resultados

Se estimó el parámetro de precisión sensoriomotora a través de los siguientes índices:

- *Tasa de éxito absoluta.* Es el porcentaje máximo de cada tarea. Por ejemplo, si la puntuación máxima eran 100 puntos y el niño consiguió ese resultado.

- *Tasa de éxito relativa.* Es el porcentaje de los *taps* correctos del total que realizó en pantalla (*taps* totales menos puntaje). Por ejemplo, si el niño dio 200 *taps* en pantalla y 50 en la zona de puntos, tendría el 25% de éxito.

- *Error relativo.* Es el porcentaje de *taps* fuera de la zona respecto al puntaje total (errores). Por ejemplo, si puntaje máximo del niño fueron 50/100, pero para lograrlo pulsó la pantalla 120 veces, es decir, más de las que requería hacer.

En la Tabla 1 se resumen los promedios de los valores obtenidos para cada tarea (T1, T2 y T3) de cada uno de los índices evaluados con la aplicación, comparando niños Sordos y oyentes.

T1
Tabla 1

	Tasa de éxito absoluta		Tasa de éxito relativa		Error relativo	
	Sordos	Oyentes	Sordos	Oyentes	Sordos	Oyentes
T1	69.15	73.29	53.58	61.63	40.47	26.19
T2	71.06	67.66	53.59	52.23	38.06	32.48
T3	61.50	69.14	54.63	58.54	13.50	18.04

Porcentajes de los parámetros obtenidos en la aplicación digital, comparando entre niños Sordos y oyentes.
Tabla original

No encontramos diferencias estadísticamente significativas en la comparación entre ambos grupos, pero sí encontramos diferencias cualitativas en las estrategias de juego. Se reconocieron tres estrategias que adoptaron los participantes de las dos poblaciones, tanto de forma individual como colectiva. La primera estrategia fue denominada *moderada*. Los niños que adoptaron esta postura hicieron del 70% al 100% de aciertos en el puntaje total, realizando relativamente pocos errores (del -25% al 25%). Es decir, que los niños fueron casi precisos en la ejecución de su juego porque destruían la nota justo cuando pasaba por el botón digital.

El segundo tipo de juego fue denominado *intensivo*. Los niños que tomaron esta postura tuvieron un puntaje mínimo del 50% hasta el total máximo (100%), pero para lograrlo tuvieron que dar más del 50% de pulsaciones extra respecto a la cantidad esperada para cada tarea, por lo tanto, la cantidad de *taps* en pantalla fue mayor que el del grupo moderado. Esto significa que pulsaron muchas veces la pantalla para lograr destruir la nota y de esta manera alcanzar la precisión en el juego. Esta postura la adoptaron principalmente los niños Sordos.

Finalmente, el tercer grupo fue considerado *no-jugador*. Este grupo dio pocas pulsaciones en los tres niveles de juego y no alcanzaron más del 30% del

puntaje total, lo cual fue más evidente en el grupo de niños Sordos. Incluso, algunos participantes dejaban pasar las figuras sin hacer el intento de pulsar, solo observando la pantalla. Notamos algunas diferencias respecto a la edad y al dominio del idioma en los niños Sordos. Por un lado, relacionamos que los niños que interactúan en casa utilizando la LSM dieron mejor puntuación. Por otro lado, en cuanto a la edad, aquellos niños que tuvieron un menor puntaje fueron participantes de entre cinco y seis años. Esto puede ser atribuible a que hay un menor control de su sistema motor debido a que todavía se encuentra en maduración. De acuerdo con Aaron Del Olmo (2021), una tarea se puede resolver mentalmente y aun así no lograr ejecutarla porque no hay un control adecuado (atencional, inhibitorio o motor), esto podría ser otra causa probable. Los resultados de niños Sordos de mayor edad son similares a los obtenidos por niños oyentes de menor edad. Esto sugeriría la posibilidad de un desfase en el desarrollo de las HSM del grupo de niños Sordos, aunque hace falta mayor investigación para afirmarlo.

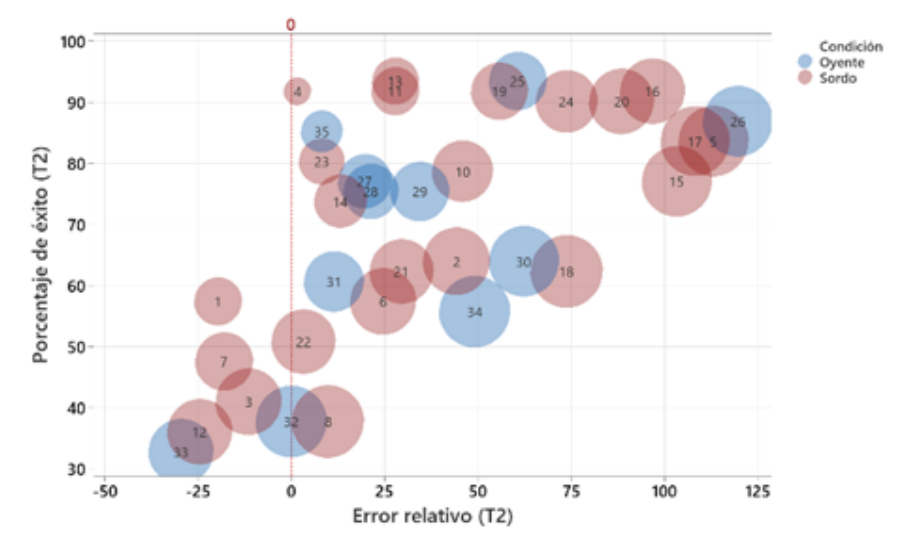
En cuanto a la proporción de errores en la ejecución de las tareas, los niños Sordos tuvieron un mayor porcentaje en comparación que los oyentes en la T1 y T2, como se observa en las figuras 1 y 2.



F1

Figura 1

Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T1) vs. Error relativo (T1) en participantes sordos y oyentes. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original



F2

Figura 2

Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T2) vs. Error relativo (T2) en participantes sordos y oyentes. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original

En ambas las figuras, las burbujas azules indican a los niños oyentes y las burbujas rojas los niños Sordos. Las burbujas que están más alejadas del 0 son los jugadores que tuvieron mayor proporción de errores. Se observa que la mayor parte de los niños Sordos están distribuidos en los extremos de la gráfica, es decir, que fueron menos precisos en la ejecución de la T1 y la T2. Sin embargo, en la T3 los participantes Sordos mostraron mayor precisión en la ejecución de la tarea, al tener menos errores y una mayor proporción de aciertos.



F3

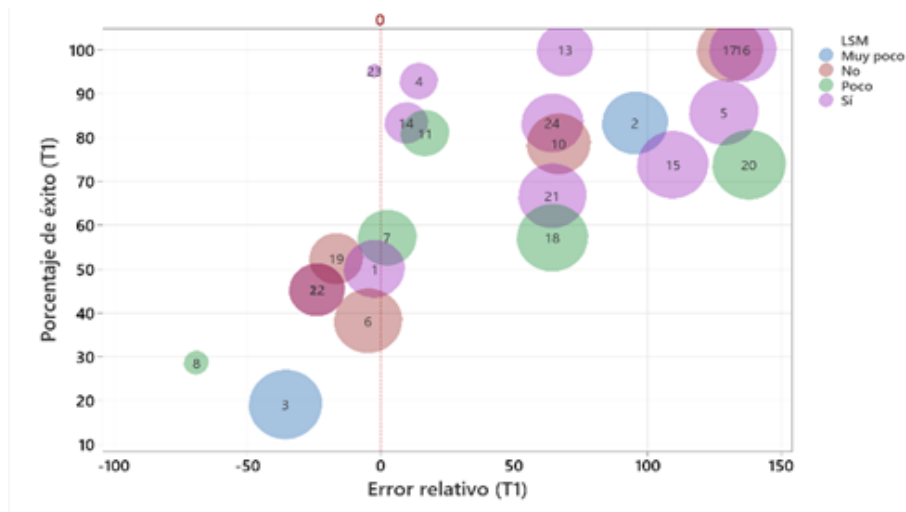
Figura 3

Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T3) vs. Error relativo (T3) en participantes sordos y oyentes. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original

En la Figura 3 se observa una mayor dispersión en los jugadores Sordos y un valor cercano a 0. Esto indica una mayor precisión en la T3, aunque no es un resultado estadísticamente significativo.

Los resultados en la T3 sugieren que los niños Sordos tuvieron una curva de aprendizaje que superó a los oyentes, o que el ritmo y la velocidad de la tarea fueron más afines a la prosodia de la lengua de señas que están adquiriendo. Del Olmo (2020) indica que cuando realizamos una tarea que no ha sido ejecutada y automatizada con antelación se limita la capacidad de ejecución, por lo que abordar una tarea nueva requiere de un procesamiento con diferentes estrategias y un mayor control cognitivo. Es decir, se requiere organizar y/o resolver qué se va a hacer y llevar a cabo lo que se ha determinado como respuesta, y dado que la lengua de señas tiene ritmo (al igual que el lenguaje oral) quizá la última tarea musical pudo facilitar la extracción de la consistencia del pulso.

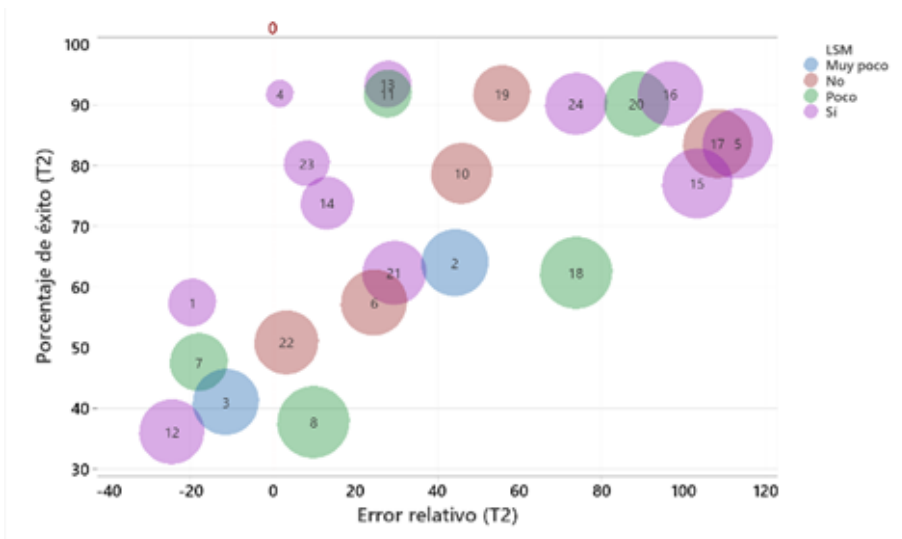
En las Figuras 4, 5 y 6, correspondientes a cada tarea, se observa la dispersión del grupo de niños Sordos en cuanto a su porcentaje de éxito y el error relativo. Los colores representan su dominio de lengua de señas de acuerdo con los expedientes escolares y la respuesta lingüística ante las instrucciones en LSM. En estas figuras, los participantes más alejados del valor 0 son menos precisos en su ejecución. Los números dentro de las burbujas son el identificador de cada participante.



F4

Figura 4

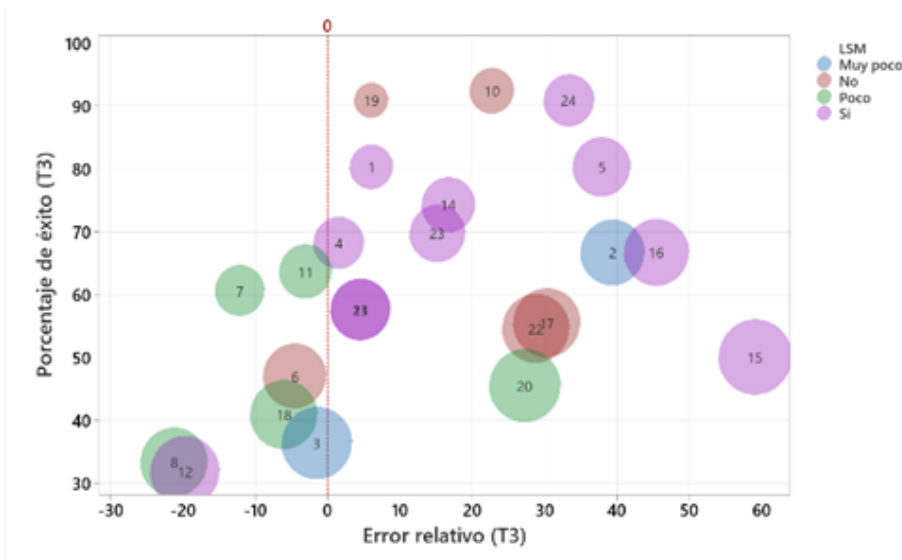
Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T1) vs. Error relativo (T1) en participantes sordos. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original



F5

Figura 5

Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T2) vs. Error relativo (T2) en participantes sordos. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original



F6

Figura 6

Gráfica de burbuja de Porcentaje de éxito (T3) vs. Error relativo (T3) en participantes sordos. Tamaño de burbuja: % de taps erróneos. Imagen original

Discusión y Conclusiones

Aunque la música se construye desde el sonido, hay evidencia de que se integra a través de todos los sentidos, especialmente de la visión y del tacto. Quizá la concepción de la experiencia musical conceptualizada desde la audición sea una de las razones por las cuales las comunidades Sordas tengan pocos espacios musicales, comparados con los que hay para oyentes. Por otro lado, se conocen bien los potenciales beneficios motores, cognitivos y sociales subyacentes al quehacer musical, en especial en niños. Uno de los factores para la consolidación

de habilidades cognitivas es la apropiación de experiencias a partir de la interacción con el mundo, donde las personas Sordas se enfrentan a barreras en gran parte por los modos de comunicación. Proveer de experiencias musicales a infancias Sordas requiere de una reconceptualización del proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por lo visual, lo táctil y la gestualidad.

La comparación entre niños Sordos y oyentes ofrece información preliminar sobre la precisión de las HSM ejecutadas a través de un juego rítmico. Los niños Sordos que mantuvieron una postura moderada en el juego tienen un mayor conocimiento de la LSM en comparación con aquellos compañeros Sordos que estaban al cuidado de oyentes cuyo conocimiento y uso de esta lengua era menor.

Los puntajes en T1 y T2 conducen a dos conclusiones. La primera es que los niños Sordos parecen ser menos precisos en las tareas de HSM con un tempo lento y con estímulos síncronos. Esto podría explicarse por la necesidad de predicción de los patrones temporales que permitan el acoplamiento entre los sistemas motores y auditivos (Patel e Iversen, 2014; Hidalgo et al., 2017). De hecho, estos resultados coinciden con los de Céline Hidalgo et al. (2021), al mostrar que los niños Sordos tienen un menor rendimiento en tareas de sincronización de HSM al ejecutar tareas rítmicas complejas o al sincronizar con un metrónomo. También es concordante con el trabajo de Florie Monier y Sylvie Droit-Volet (2019), en cual se reconoce que las habilidades de sincronización mejoran con la edad y que los niños tienen habilidades motoras limitadas, lo que se refleja en una falta de flexibilidad en actividades de sincronización, especialmente cuando hay cambios de tempo, como lo observamos en nuestros participantes.

El hecho que los niños Sordos tengan dificultad para sincronizar sobre estímulos rítmicos puede asociarse a procesos de anticipación y adaptación de la respuesta motora. Esto parece estar soportado por la memoria de trabajo (particularmente por el *loop* fonológico) que se requiere tanto para mantener y manipular el ritmo como para el control visomotor necesario en la sincronización de la acción manual con el estímulo visual, lo que implica una gran demanda cognitiva (Kraus, 2012; Hidalgo et al., 2017; Monier y Droit-Volet, 2019; Kim et al., 2022).

Desde una visión de la antropología cognitiva, los resultados indican que los oyentes exhibieron una mayor economía para obtener el mismo puntaje con menos *taps* en T1 y T2. Los niños Sordos requirieron cerca del doble de esfuerzo para obtener el mismo beneficio y lograr la precisión en la tarea. Por otro lado, se observó que los niños Sordos con un menor puntaje tuvieron menor competencia en LSM, reforzando la idea de que el lenguaje y las habilidades motrices se desarrollan paralelamente.

Van Der Steen y Keller (2013) indican que el desarrollo de las HSM está mediado por la integración multisensorial que emerge en contextos sociales, dado que otros humanos producen las secuencias con las cuales los movimientos son organizados, por ejemplo, cantar, aplaudir o moverse al ritmo de la música. Es por eso que la habilidad para extraer patrones rítmicos desde eventos temporales percibidos auditivamente depende también del contexto sociocultural (Benedetto y Baud-Bovy, 2021). Lo anterior también es concordante con la Hipótesis de la Redundancia Intersensorial, que plantea que una misma información del medio está disponible sincrónicamente de

manera temporal y espacial entre dos o más sistemas sensoriales (Bahrick y Lickliter, 2012, 2014). Esto da la posibilidad de que la información sea recordada y aprendida más eficientemente respecto de las situaciones en las que se presente por una sola modalidad sensorial. Esto sucede, por ejemplo, cuando se les enseña a los niños a contar mientras los padres señalan y repiten la información verbal, es decir, cuando hay una redundancia visual y auditiva al poner etiquetas simultáneas a los objetos, lo que facilita el aprendizaje y la apropiación del mundo.

Como se ha explicado, los niños Sordos en contextos oyentes no suelen tener la misma estimulación lingüística y musical, por ejemplo, canciones de cuna, juegos de palmas e incluso las entonaciones en el lenguaje (prosodia) que los cuidadores comparten naturalmente con los niños cuando se comunican con ellos. Es necesario aclarar que los supuestos que planteamos no son generalizables a todos los niños Sordos, dado que hay procesos personales que son multifactoriales como, por ejemplo, el periodo de adquisición de la lengua de señas, el tipo de Sordera y el contexto sociocultural.

Alcances

Esta aproximación a la evaluación de las HSM mediadas por juegos rítmicos puede ser una referencia para continuar una línea de investigación enfocada en la cognición musical en personas Sordas, enriquecida desde una perspectiva interdisciplinaria que puede incluir la antropología lingüística, la educación, la programación de videojuegos y la comunicación, donde los juegos diseñados para dispositivos móviles pueden ser una herramienta viable para implementar protocolos basados en actividades rítmicas (Bégel et al., 2017). El uso de videojuegos o aplicaciones digitales como un medio para facilitar habilidades es ampliamente usado porque brindan la posibilidad de un aprendizaje implícito a partir de ellos, es decir, aprender cosas sin intención o sin consciencia sobre qué se está aprendiendo como resultado de la ejecución automática de una conducta motora (Rehbein et al., 2008). A partir de esta premisa se pueden hacer diseños enfocados en que los niños puedan tener un aprendizaje incidental, donde a partir de la manipulación de la experiencia lúdica puedan manifestar conductas controladas, en este caso, a nivel motor.

La investigación de habilidades sensoriomotoras a través de actividades rítmicas en población Sorda puede dar una perspectiva acerca de la multidimensionalidad del ritmo, además de ayudar a idear intervenciones para infancias Sordas que comprometan contextos sociales musicales que apoyen la emergencia de otras habilidades no relacionadas con la música. El repensar la música desde otro sentido que no sea la audición permitiría hacer abordajes y planificar intervenciones educativas y musicales desde otras aproximaciones prácticas y teóricas.

Dentro del campo de la investigación, buscamos comprender cómo puede ser abstraído el aprendizaje musical en las infancias Sordas y sus posibles consecuencias. En la acción, se piensa en la forma de integrar a los niños en el mundo sonoro en el que viven, mientras se buscan elementos teóricos y científicos que generen una práctica educativa-científica bien fundamentada. Por otro lado, el repensar la música desde otras vivencias diferentes a las de la percepción auditiva puede ser retador e incluso causar incredulidad sobre

su praxis, que se inicia en el círculo cercano familiar e incluso dentro de las mismas instituciones educativas. Cambiar los paradigmas de enseñanza-aprendizaje teniendo en cuenta las condiciones de vida garantiza que el proceso esté enfocado en las diferentes realidades de las personas.

El aprendizaje es el producto acumulado de los acontecimientos de interacción en tiempo real que son consecuencia de percibir y actuar en un mundo físico (Smith y Sheya, 2010). Es importante entender que la comunidad Sorda comparte una cultura y un lenguaje, por lo que los diseños, herramientas e investigaciones dirigidas a infancias Sordas deben cumplir con adaptaciones necesarias para evidenciar las lógicas de esta comunidad y su interacción con diferentes juegos. Finalmente, estamos convencidos que este tipo de investigaciones deben producirse en estrecha colaboración con la comunidad Sorda en una retroalimentación constante en la que se hagan evidentes los escenarios prospectivos aplicables y viables en la práctica.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONAHCyT) por la financiación de este proyecto a través de la beca posdoctoral de la primera autora. Además, agradecemos especialmente a los participantes de este proyecto, niñas, niños y tutores, así como al Instituto Pedagógico para Problemas del Lenguaje IAP (IPPLIAP) por su disposición y colaboración para colaborar en este proyecto.

Referencias

- Bahrick, L. E. y Lickliter, R. (2012). The role of intersensory redundancy in early perceptual, cognitive, and social development. *Multisensory development*, 183-206.
- Bahrick, L. E. y Lickliter, R. (2014). Learning to attend selectively: the dual role of intersensory redundancy. *Current Directions in Psychological Science*, 23(6), 414-420. <https://doi.org/10.1177/0963721414549187>
- Bavelier, D., Dye, M. W., & Hauser, P. C. (2006). Do deaf individuals see better?. *Trends in cognitive sciences*, 10(11), 512-518.
- Bégel, V., Di Loreto, I., Seilles, A. y Dalla Bella, S. (2017). Music games: potential application and considerations for rhythmic training. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 1-7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00273>
- Benedetto, A. y Baud-Bovy, G. (2021). Tapping Force Encodes Metrical Aspects of Rhythm. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.633956>
- Bonvillian, J. D., Orlansky, M. D. y Novack, L. L. (1983). Developmental milestones: sign language acquisition and motor development. *Child development*, 1435-1445. <https://doi.org/10.2307/1129806>
- Boot, W. R. (2015). Video games as tools to achieve insight into cognitive processes. *Frontiers in Psychology*, 6, 1-3. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00003>
- Carrasco, A. M. V., Carnicer, J. G., & Garrido, C. C. (2016). Ritmo y procesamiento temporal. Aportaciones de Jaques-Dalcroze al lenguaje musical. *Magister*, 28(1), 35-41.

- Conway, C. M., Pisoni, D. B. y Kronenberger, W. G. (2009). The importance of sound for cognitive sequencing abilities: The auditory scaffolding hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18(5), 275-279. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01651.x>
- Del Olmo, A. [@AaronDelOlmo]. (2021, 5 de diciembre). *Y parece que estos inicios son la base "posibilitadora" de ciertos aprendizajes. Antes de echaros las manos a la cabeza* [tuit]. [Twitter/X]. <https://twitter.com/AaronDelOlmo/status/1467711385710776323>. Consultado el 28 de noviembre de 2023.
- Díaz-Muñoz, G. (2020). Metodología del estudio piloto. *Revista chilena de radiología*, 26(3), 100-104. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082020000300100>
- Erting, C. y Woodward, J. (1979). Sign Language and the Deaf Community. A Sociolinguistic Profile. *Discourse Processes*, 2(4), 283-300. <https://doi.org/10.1080/01638537909544469>
- Fine, I., Finney, E. M., Boynton, G. M. y Dobkins, K. R. (2005). Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(10), 1621-1637. <https://doi.org/10.1162/08982905774597173>
- Guerrero-Arenas, C., Borne, L., Hernández-Santana G. y Jimenez-Ángeles, L. (2022). Educação musical com crianças surdas: bases cognitivas e didáticas para uma proposta educativa. EN M. Damasceno y B. Cortella (comp.), *Crianças, linguagens e ludicidade: caminhos e modos de caminhar* (pp. 43-58). CRV. <https://doi.org/10.24824/978652513519.9>
- Guerrero-Arenas, C. y Santana, G. (2022). Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos. *CIENCIA Ergo-Sum*, 30(3). <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/18031>
- Hidalgo, C., Falk, S. y Schön, D. (2017). Speak on time! Effects of a musical rhythmic training on children with hearing loss. *Hearing research*, 351, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.05.006>
- Hidalgo, C., Zécari, A., Pesnot-Lerousseau, J., Truy, E., Roman, S., Falk, S., Dalla Bella, S. y Schön, D. (2021). Rhythmic abilities of children with hearing loss. *Ear and Hearing*, 42(2), 364-372. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000926>
- Iversen, J. R., Patel, A. D., Nicodemus, B. y Emmorey, K. (2015). Synchronization to auditory and visual rhythms in hearing and deaf individuals. *Cognition*, 134, 232-244. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.10.018>
- Kennedy, M. y Kennedy, J. (2013). *The Oxford dictionary of music*. Oxford University Press.
- Kim, H. W., Lee, K. M. y Lee, Y. S. (2022). Sensorimotor and working memory systems jointly support development of perceptual rhythm processing. *Developmental Science*, e13261. <https://doi.org/10.1111/desc.13261>
- Kraus, N. (2012). Biological impact of music and software-based auditory training. *Journal of Communication Disorders*, 45(6), 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.06.005>
- Levitin, D. J., Grahn, J. A. y London, J. (2018). The psychology of music: Rhythm and movement. *Annual review of psychology*, 69, 51-75. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011740>
- Liddel, S. (1996). El uso del espacio en las lenguas de señas: un marco teórico. *Lengua y Habla*, 1(2), 115-136.

- Mason, K., Marshall, C. R. y Morgan, G. (2021). Executive function training for deaf children: Impact of a music intervention. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(4), 490-500. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab026>
- Monier, F. y Droit-Volet, S. (2019). Development of sensorimotor synchronization abilities: Motor and cognitive components. *Child Neuropsychology*, 25(8), 1043-1062. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1569607>
- Parejo, E. (2011). Edgar Willems: um pioneiro da educação musical. En T. Mateiro y B. Ilari (coord.). *Pedagogias em Educação Musical* (pp. 89-123). Ibpe.
- Patel, A. D. y Iversen, J. R. (2014). The evolutionary neuroscience of musical beat perception: the Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis. *Frontiers in systems neuroscience*, 8, 57. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00057>
- Phillips-Silver, J., Toivainen, P., Gosselin, N., Turgeon, C., Lepore, F. y Peretz, I. (2015). Cochlear implant users move in time to the beat of drum music. *Hearing research*, 321, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2014.12.007>
- Rehbein Felmer, L., Alonqueo Boudon, P. y Filsecker, M. (2008). Aprendizaje implícito en usuarios intensivos de videojuegos. *Paidéia*, 18(39), 165-174. <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2008000100015>
- Repp, B. H. y Penel, A. (2002). Auditory dominance in temporal processing: new evidence from synchronization with simultaneous visual and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(5), 1085. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.28.5.1085>
- Smith, L. B. y Sheya, A. (2010). Is cognition enough to explain cognitive development? *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 725-735. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2010.01091.x>
- Tranchant, P., Shiell, M. M., Giordano, M., Nadeau, A., Peretz, I. y Zatorre, R. J. (2017). Feeling the beat: Bouncing synchronization to vibrotactile music in hearing and early deaf people. *Frontiers in neuroscience*, 11, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00507>
- Van Der Steen, M. C. y Keller, P. E. (2013). The Adaptation and Anticipation Model (ADAM) of sensorimotor synchronization. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 253. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00253>

Notas

[i] La convención de utilizar Sordo con mayúscula implica el reconocimiento de un individuo que pertenece a un grupo social, una cultura y una lengua en común (Erting y Woodward, 1979, p. 283). Para este trabajo seguimos esta convención pues consideramos que los niños Sordos son potenciales miembros de una comunidad Sorda, ya sea que adquieran la lengua desde sus primeros años de vida o en su adolescencia (Guerrero-Arenas y Hernández-Santana, 2022).

[ii] Es importante indicar que tres de los autores de este estudio son fluidos en lengua de señas, dos en Lengua de Señas Mexicana (LSM), y uno en Lengua de Señas Brasileña (Libras). Sin embargo, la perspectiva de todos los autores es la de oyente que trabaja de manera cercana con la comunidad Sorda.

[iii] Se considera Sordera prelocutiva a la condición congénita o adquirida previamente al lenguaje. En el caso de las infancias Sordas, el lenguaje materno tendría que ser una lengua visogestual antes que una oral.

[iv] Las bases educativas inherentes a la investigación están mejor detalladas en un texto previo (Guerrero-Arenas et al., 2022).