

# Sin eso no hay música: La inducción del beat como un rasgo musical fundamental<sup>a</sup>

*Autor: Henkjan Honing<sup>b</sup>*

*Traductor: Manuel Alejandro Ordás*

*Revisora Técnica: Isabel C. Martínez*

## Resumen

La Inducción del Beat<sup>c</sup> (IB) es la habilidad cognitiva que nos permite escuchar un pulso regular en la música con el que podremos sincronizar. Percibir esta regularidad en la música nos permite bailar y hacer música juntos. Como tal, puede ser considerada como un rasgo musical fundamental que, sin duda, jugó un papel decisivo en los orígenes de la música. Además, la IB puede ser considerada como una forma espontáneamente en desarrollo, de dominio específico y de habilidad específica de cada especie. Aunque tanto el aprendizaje como el acoplamiento percepción/acción demostraron ser relevantes en su desarrollo, al menos un estudio mostró que el sistema auditivo de un recién nacido es capaz de detectar las periodicidades inducidas por un ritmo variable. Un estudio relacionado con adultos sugirió que las representaciones jerárquicas de los ritmos (inducción del metro) se forman automáticamente en el sistema auditivo humano. Vamos a reconsiderar estos hallazgos empíricos a la luz de la cuestión de si la inducción del beat y la inducción del metro son mecanismos cognitivos fundamentales.

Palabras clave: ritmo; metro; musicalidad; potenciales cerebrales relacionados a eventos; atención; biología cognitiva.

## Introducción

Parece una habilidad trivial: niños que aplauden con una canción, músicos que marcan la música con su pie, o un escenario lleno de bailarines que danzan en sincronía. En cierto modo sí resulta trivial. La mayoría de la gente puede fácilmente captar un pulso regular en la música o puede juzgar si la música se acelera o desacelera. Sin embargo, el reconocimiento de que la percepción de esta regularidad en la música nos permite bailar y hacer música juntos la convierte en un fenómeno menos trivial. La inducción del beat (IB) bien podría estar condicionada a la música (es decir, sin ella no hay música) y, como tal, puede ser considerada una característica humana fundamental que, sin duda, debe haber jugado un papel decisivo en el modo en que evolucionó la *musicalidad*.<sup>1</sup>

La IB<sup>d</sup> ha sido el tema de un buen número de estudios de percepción musical, en su mayoría vinculados a los aspectos teóricos y psicológicos de esta habilidad cognitiva.<sup>2-5</sup> Recientemente, el fenómeno ha atraído el interés de psicólogos del desarrollo<sup>6</sup>, biólogos cognitivistas<sup>7</sup>, psicólogos evolucionistas<sup>1</sup>, y neurocientíficos<sup>8-9</sup> en tanto habilidad que es fundamental para el procesamiento de la música.

Se ha propuesto que la IB es una habilidad innata (o de desarrollo espontáneo), de dominio específico y específica de determinadas especies<sup>1</sup>. Sin embargo, en lo que respecta a la primera cuestión, los científicos aún están divididos en cuanto a si esta capacidad se desarrolla en forma espontánea (con énfasis en una base biológica) o si se aprende (con énfasis en una base cultural). Algunos autores consideran que la sensibilidad al beat podría ser adquirida durante el primer año de vida, lo que sugiere que el factor más importante para el desarrollo de un sentido de la estructura métrica serían los modos en que los padres sacuden y balancean a los bebés a tiempo con la música.<sup>10-11</sup> Por el contrario, investigaciones más recientes enfatizan la base biológica, sugiriendo que la IB es entonada específicamente con la música; por ejemplo, estudios que demuestran que la IB ya es funcional en niños pequeños así como en los recién nacidos de 2 a 3 días.<sup>12-13</sup> Estos hallazgos empíricos recientes se pueden tomar como apoyo a la idea de una predisposición genética para la IB, en lugar de ser ésta un resultado del aprendizaje.<sup>14</sup>

Además, los estudios del desarrollo sugieren que los bebés no solo son sensibles a un pulso regular, sino que también lo son al metro (es decir, a dos o más niveles de pulso).<sup>15</sup> Por lo tanto, es posible que los seres humanos posean cierta predisposición al procesamiento para extraer regularidades jerárquicamente estructuradas a partir de patrones rítmicos complejos<sup>16</sup>. La investigación con recién nacidos provee un contexto adecuado dentro del cual comprender más acerca de estas capacidades fundamentales<sup>17</sup>. Sin embargo, los estudios que abordan la percepción jerárquica en recién nacidos están todavía en curso. Por ello, esta revisión se centra en el modo de estudiar la inducción del beat y del metro usando el paradigma del Potencial de Disparidad (*Mismatch Negativity*, MMN)<sup>e</sup> y solucionar algunos problemas abiertos con respecto a los aspectos cognitivos y biológicos de la IB.

Antes de introducir el paradigma MMN, el trabajo comienza con un ejemplo teórico musical que ilustra la noción de expectación métrica.

### Ejemplo: Un "silencio ruidoso"

En la música, debe hacerse una distinción importante entre el patrón rítmico y la estructura métrica<sup>18</sup>. Mientras que el ritmo puede ser caracterizado como el patrón de variación de las duraciones que están presentes físicamente en la música, el metro compromete a nuestra percepción y, más importante aún, involucra la anticipación y predicción de dichos patrones rítmicos. El metro es, como tal, un fenómeno cognitivo.<sup>19</sup>

La interacción entre el ritmo y el metro, y el rol que juega la cognición en su percepción y apreciación pueden ilustrarse con el fenómeno de la *síncopa*. Este se describe a menudo, de manera informal, como “un acento que se ha movido hacia adelante” o como “una técnica usada a menudo por los compositores para evitar la regularidad en el ritmo, mediante el desplazamiento del énfasis en ese ritmo.”<sup>20</sup> Para ilustrar esto, se consideran los dos ritmos representados en la Figura 1. ¿Cuál de estos ritmos está sincopado?



Figura 1. ¿Cuál de los ritmos está sincopado?

Un músico formalmente entrenado fácilmente señalará el ejemplo de la izquierda, guiado por la ligadura marcando la síncopa (literalmente un “beat unido”). Sin embargo, tocado por un sonido de tambor de una computadora, estos ritmos anotados sonarán idénticos. Aquí el lector está fuertemente influenciado por la notación. Cuando escuchamos un ritmo (aun si es una simple serie isócrona de clics, como los de un reloj), tendemos a interpretarlo de un modo métrico<sup>21</sup> y lo escuchamos como sincopado, o no, dependiendo de nuestra interpretación métrica (la cifra de compás en la notación no garantiza que un oyente percibirá el metro tal como está escrito). Esto se ilustra en el ejemplo de la Figura 2.

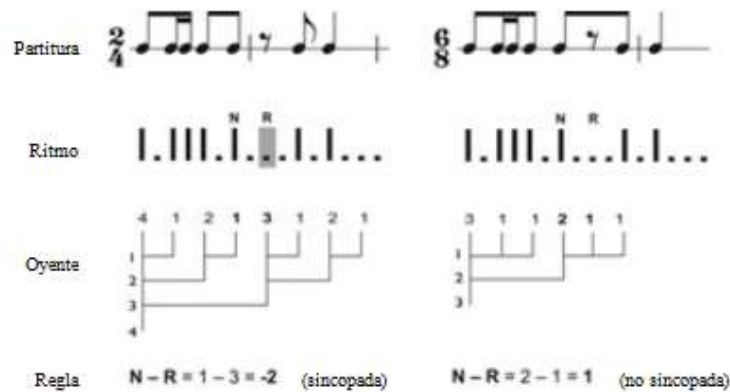
Los oyentes occidentales tienden a proyectar un metro 2 mientras escuchan el ritmo<sup>22</sup>, y por lo tanto perciben una síncopa (representada en la izquierda de la Figura 2, es decir, el “silencio fuerte” marcado en gris). Sin embargo, si el oyente esperara, por ejemplo, un metro compuesto (causado en este caso por un *background* musical diferente o por experiencia auditiva distinta) entonces la síncopa desaparecerá y se convertirá en un “silencio mudo” (ver el panel derecho de la Figura 2).

Una idea importante aquí refiere a que la percepción del ritmo debería entenderse como una *interacción* entre el patrón rítmico (denominado “Ritmo” en la Figura 2) y el oyente, quien proyecta un cierto metro por sobre otro (ver “oyente” en

Figura 2) la cual es inducida por ese mismo ritmo.<sup>23-24</sup> Por lo tanto podemos utilizar la presencia de la síncopa (o “silencio ruidoso”) como prueba de la presencia de una fuerte expectativa métrica (sea esta el resultado de la exposición anterior a la música o una preferencia innata). Esto brinda un método directo y elegante para probar la expectativa métrica en los oyentes y es la idea clave usada en los experimentos descritos a continuación.

### Usando el MMN para comprobar los “silencios ruidosos”

Las medidas electrofisiológicas, tales como potenciales cerebrales relacionados a eventos (ERP), son una herramienta útil para el estudio de la IB y la codificación métrica del ritmo, especialmente en el examen de su naturaleza predictiva. Un componente informativo de una ERP es el MMN: una desviación negativa en la señal del cerebro que se produce cuando ocurre algo inesperado durante la audición (aun cuando la atención no esté dirigida al ritmo).<sup>25</sup>



**Figura 2.** Dos notaciones posibles (designadas como “Partitura”), del mismo ritmo (designado como “Ritmo”). En el ejemplo de la izquierda, un esquema métrico en árbol representa el metro 2 binario, y en el ejemplo de la derecha representa un metro compuesto (rotulados como “Oyente”). Los números en las ramas del árbol métrico representan la saliencia métrica teórica (la profundidad del árbol en esa posición en el ritmo). Una diferencia negativa entre la saliencia métrica de cierta nota  $N$  y el subsiguiente silencio  $R$  indica la síncopa. Cuanto más negativa sea esta diferencia, más sincopada la nota  $N$  o más “fuerte” el silencio  $R$  (adaptado de Honing)<sup>25</sup>.

Se entiende que este MMN refleja generalmente una señal de error que se suscita cuando la información sensorial entrante no coincide con las expectativas creadas por la información anterior. Como tal, puede resultar instrumental en el sondeo de una violación en una expectativa métrica tal como la síncopa o el “silencio ruidoso”.

### Características del MMN

En general, el MMN se suscita cuando un estímulo entrante desajusta con las predicciones producidas por las representaciones neuronales de las regularidades extraídas del entorno acústico (por ejemplo, con la altura, la duración, el timbre, la ubicación).<sup>25</sup> Además, la información abstracta (esto es, un rasgo auditivo que predice a otro)<sup>26</sup> y las omisiones pueden causar un MMN, dando lugar a una interpretación del MMN que refleja la detección de violaciones de la regularidad como parte de un proceso predictivo, en lugar de sólo como una muestra de desviación correspondiente a la memoria sensorial.<sup>27</sup> Más desviaciones salientes desencadenan deflexiones negativas

(y posiblemente de mayor amplitud) anteriores<sup>28</sup>, y, como tal, el MMN puede usarse como un índice para comparar las expectativas métricas de diferentes magnitudes. Un MMN puede ser observado cuando los sujetos realizan una tarea primaria neutral (por ejemplo mirar una película; *condición pasiva*) o cuando se les instruye a hacer una tarea no relacionada (*condición desatendida*). Sin embargo, cuando los participantes centran su atención en los estímulos, el MMN es a menudo solapado por componentes atencionales y tarea-dependientes ERP, tales como el P165 y el N2b<sup>25</sup>. Esto convierte a la medición del ERP en una condición pasiva especialmente útil en el estudio del rol de la atención y la conciencia en la percepción.<sup>29</sup> Finalmente, comparada con otras técnicas más recientes de imágenes del cerebro, el ERP es más tolerante a los movimientos físicos de los sujetos durante la medición; por lo tanto, es más adecuado para participantes cuyos movimientos son difíciles de regular y sus respuestas de comportamiento son limitadas (tales como los recién nacidos).<sup>30</sup>

Un asunto de interés refiere a qué es dable de ser esperado en el caso de una omisión en una señal acústica (esto es, un silencio o “descanso”, en lugar de una nota). Una omisión significa que no hay sonido entrante, y la pregunta sería entonces ¿qué es lo que está vinculado a las representaciones existentes de regularidad? Si bien esto sigue siendo un tema de debate<sup>31</sup>, está claro que un MMN puede ser obtenido cuando los intervalos entre ataques en un ritmo son menores a 150 milisegundos.<sup>32</sup> Esta limitación en el diseño del estímulo tiene que ser equilibrada con el tempo absoluto de un ritmo para asegurarse de que el beat no se produzca muy lejos de las tasas de tempo preferidas.<sup>18</sup>

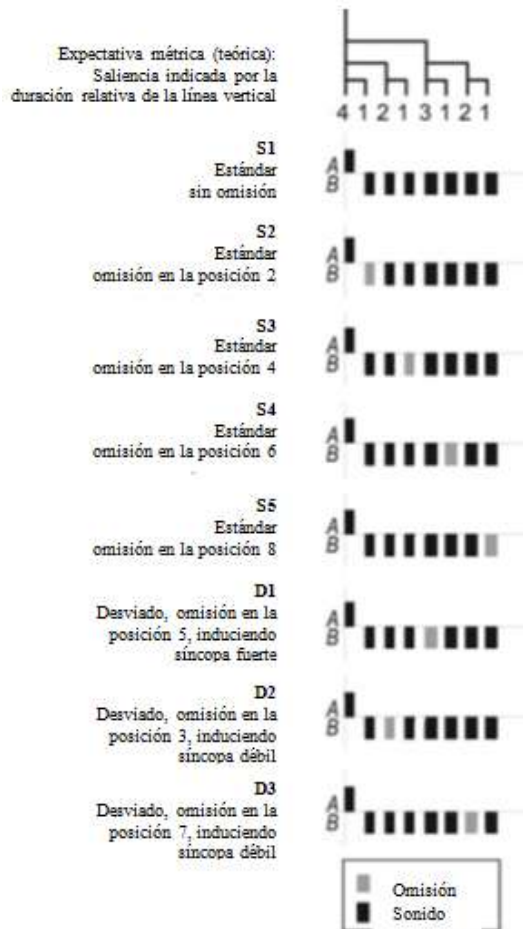
## Estímulos y diseño experimental

Un MMN es medido usando el diseño *oddball*: una secuencia de sonidos en la que sonidos raros (desviados) se entremezclan con un sonido común (estándar). Un estímulo posible organizado para estudiar la expectativa métrica se muestra en la Figura 3. Consiste en ocho patrones de sonido diferentes, todos variantes del patrón de base (S1) con ocho puntos en la grilla. El patrón base y las cuatro variantes (contienen omisiones en el nivel métrico más bajo) son “estrictamente métricos”, esto es, no contienen síncope cuando se interpretan en metro binario. Juntos, estos cinco patrones forman el conjunto de patrones estándar (S1-S5). Los tres patrones desviados están contruidos omitiendo eventos en las posiciones métricamente salientes en el patrón de base, lo que resulta en patrones sincopados. Son creados por la omisión de una nota en la posición 5 (D1), en la posición 3 (D2), y en la posición 7 (D3). De acuerdo al modelo teórico descrito en la Figura 2 (panel izquierdo), la fuerza de los desvíos es ordenada como  $D1 > D2 > D3$ , donde se predice que D1 será el “silencio ruidoso” o síncope fuerte y D3 será el más débil.

Estos estímulos se utilizaron en un estudio piloto (Haden, Honing y Winkler, en preparación). En un análisis preliminar de los resultados, se observó un MMN para los tres desvíos. Sin embargo, solo hubo una diferencia significativa entre D1 y D3, y la diferencia de onda para D3 fue cercana a cero (esto es, casi sin MMN). Estos resultados hacen que nos preguntemos acerca de la importancia relativa del uso de estímulos más complejos (o ecológicamente validos), ya que en un estudio relacionado, usando estímulos más complejos (ver Figura 4), pudimos obtener efectos significativos.<sup>16</sup>

En este estudio, las diferencias en las formas de onda del desvío y el control (desvío-control) mostraron diferencias en la latencia, lo que refleja una jerarquía en la violación de D1 *versus* D2<sup>28</sup>, como se predijo en el modelo teórico. Sin embargo, un análisis de varianza (ANOVA) mostró una interacción significativa entre las diferentes

condiciones de atención (estos es, pasiva *versus* desatendida) arrojando algunas dudas sobre si la extracción de la jerarquía métrica es totalmente automática.<sup>33</sup>



**Figura 3.** Estímulos usados en un estudio piloto de la expectativa métrica. S1-S4 son los estándar y D1-D3 los desvíos usados en un paradigma *oddball*. Tanto A como B son sonidos percusivos, siendo A más agudo que B, para permitir la alineación en fase.

Un diseño similar utilizando los mismos estímulos pero con solo un desvío D1 (por las limitantes temporales) se utilizó con recién nacidos<sup>13</sup>. En ese estudio pudimos mostrar que las respuestas eléctricas cerebrales provocadas por los patrones de control desviados y estándar fueron muy similares entre sí, mientras que la respuesta a D1 difería significativamente, proporcionando evidencia de que (durmiendo) los recién nacidos pueden detectar el beat. Por lo tanto parece que la capacidad de predicción del beat en secuencias de sonidos rítmicos ya es funcional en el nacimiento.

## Discusión

Estos estudios sugieren que la IB (aunque posiblemente no la inducción del metro) es un proceso automático fuera del foco de la atención, y proveen evidencia de que la IB es compartida entre los adultos y los recién nacidos, brindando así soporte para una base biológica del fenómeno.

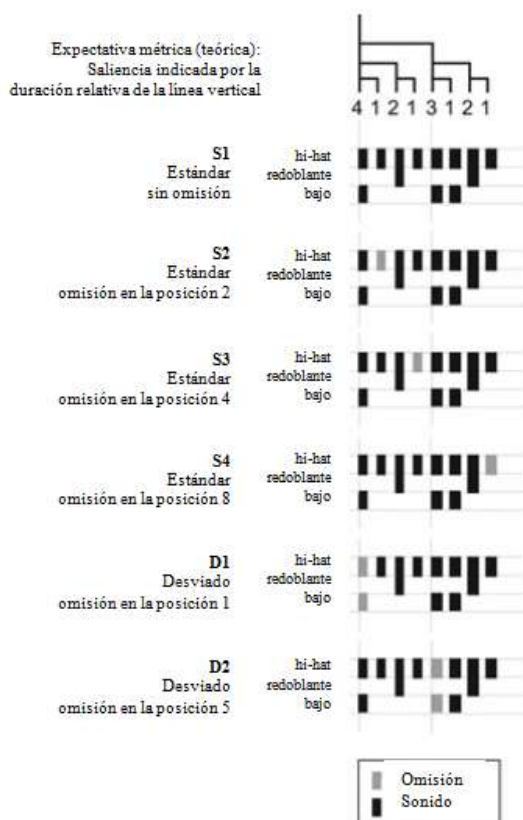
Pero, ¿cómo podemos estar seguros de que encontrar un MMN es de hecho una evidencia para la inducción del beat/metro? ¿Son posibles otras explicaciones?

Debido a que la diferencia entre control y desvío en estos estudios no ha suscitado un MMN, podemos estar seguros de que el MMN no es el resultado de las cualidades acústicas del patrón D *per se*. Por otro lado, la respuesta no es simplemente

un resultado de la detección de omisiones, de lo contrario, también habría ocurrido en otros lugares de silencio. Además la respuesta no es causada por representaciones separadas formadas por las tres corrientes (hi-hat, redoblante y bajo, ver Figura 4): solo las omisiones del tiempo fuerte dentro del contexto rítmico provocaron esta respuesta (como se comprobó en un experimento separado con adultos).<sup>13</sup>

Esto sin tomar en cuenta el hecho de que para los desvíos, dos en vez de uno de los elementos se suprimieron del patrón de base (ver Figura 4). Aunque un desvío solo (condición de desvío-control) no suscitó un MMN, junto con el hecho de que todas las omisiones son psíquicamente idénticas (150 ms de silencio) y todos los estímulos fueron normalizados respecto de la amplitud, no podemos descartar por completo una contribución al MMN como resultado de esta manipulación. La introducción de un patrón adicional con una omisión en la posición 6 (cf. fig.4), incluyéndolo ya sea como S5 o como D3 en el conjunto de estímulos debería revelar esto<sup>34</sup> (Bouwer, Haden, van Zuijen, and Honing, en preparación).

Finalmente, uno podría preguntarse en qué medida, la IB es un fenómeno de dominio específico, y, como tal, representa una predisposición para la música. O ¿es la IB una instancia particular de una tendencia general del cerebro para reconocer los desajustes en las señales acústicas, incluyendo el lenguaje hablado? Sin embargo, si dicho efecto se encuentra en el lenguaje, no descarta la interpretación de que se basa en un rasgo musical fundamental.<sup>24</sup> Así que, por ahora, en ausencia de evidencia empírica, la hipótesis de dominio específico es tan probable como la hipótesis de dominio general.



**Figura 4.** Estímulos utilizados en un estudio de expectativa métrica en adultos y recién nacidos. S 1 -S4 son los estándar y D 1 y D2 los desvíos usando el paradigma *oddball*. Los sonidos percusivos diferentes están marcados como hi-hat, redoblante, y bajo.

## ¿La jerarquía en el ritmo es innata, aprendida o emergente?

Como se ha mencionado antes, los estudios del desarrollo sugieren que los bebés no son sensibles solamente a un pulso regular sino también al metro. Mientras que la IB requiere la longitud de un ciclo completo (período) y su ataque (fase) para representarse en el cerebro, también es posible que los bebés recién nacidos formen una representación mental abstracta del patrón de base, por ejemplo, mediante el aprendizaje de las probabilidades de cada evento en el patrón rítmico variable o, alternativamente, induciendo múltiples niveles de beats. Esto les permitiría no solo detectar el beat, sino también construir una representación jerárquica del ritmo (inducción del metro). Permitiría predecir una diferencia en la latencia (y posiblemente en la amplitud) del MMN para un D1 *versus* un D2, como se ha demostrado en adultos.<sup>16</sup> Esta emocionante posibilidad es un tema para futuras investigaciones.

Junto con el trabajo en curso de la inducción del beat *versus* la inducción del metro y el rol de la atención, ayudará a abordar la cuestión de si estas representaciones jerárquicas son innatas (o al menos activas en el primer día), emergentes (si constituyen una propiedad estructural de los estímulos), aprendidas explícitamente (como resultado del entrenamiento musical), o si son implícitamente aprendidas (como resultado de la exposición, aunque sea breve, a la música occidental).

## ¿La IB es específica de determinadas especies?

Como se discutió antes,<sup>1</sup> la IB podría considerarse como una habilidad de desarrollo espontáneo, de dominio específico y de determinadas especies. En relación con el primer aspecto, el estudio con los recién nacidos proporciona una única pieza de evidencia que sugiere tal sesgo temprano. Con respecto al segundo aspecto, aún falta evidencia convincente, aunque se consideró recientemente que la IB no juega un papel (e incluso es evitada) en el lenguaje hablado.<sup>35</sup> Con referencia al aspecto final, recientemente se sugirió que compartiríamos la IB con un selecto grupo de aves<sup>36-37</sup> y no con especies estrechamente relacionadas como los primates no humanos.<sup>38</sup> Esto es sorprendente cuando se supone que hay una estrecha relación entre los genotipos específicos y los rasgos cognitivos específicos. Sin embargo, cada vez más estudios muestran que las especies genéticamente alejadas pueden exhibir habilidades cognitivas similares, que especies estrechamente relacionadas genéticamente parecen no mostrar.<sup>39</sup> Esto ofrece una base fértil para los estudios comparativos de esta función cognitiva específica.

La mayoría de los estudios con animales han utilizado métodos de comportamiento para probar la presencia (o ausencia) de la IB, tales como tareas de *tapping*<sup>39</sup> o mediciones de los meneos de la cabeza.<sup>38</sup> Bien podría ser que si se utilizan medidas electro-fisiológicas más directas (tales como análogos al MMN en varias especies)<sup>40</sup>, los primates no humanos podrían de hecho también mostrar IB. Este es un tema de investigación actual (Honing, *et al.*, en preparación).

## Conclusión

Se ha argumentado que la IB es una habilidad de desarrollo espontáneo, de dominio específico y de determinadas especies<sup>1-35</sup>. Aunque tanto el aprendizaje (específico de la cultura) y el acoplamiento percepción-acción son relevantes en el desarrollo<sup>10-11</sup>, al menos un estudio muestra que el sistema auditivo del recién nacido es sensible a periodicidades inducidas por un ritmo variable. Aunque el aprendizaje mediante el movimiento es probablemente importante, el sistema auditivo del recién



nacido es aparentemente sensible a las periodicidades y desarrolla expectativas sobre cuándo un nuevo ciclo debería comenzar.

Este resultado es totalmente compatible con la noción de que la IB es innata. Sin embargo, todavía hay una pregunta abierta acerca de si esta detección de regularidad en los recién nacidos se limita solo al beat, o si puede ser jerárquica, ya sea como una propiedad estructural (estadísticamente) aprendida del estímulo por inducción de múltiples niveles de periodicidad. Finalmente, con respecto a la especificidad del dominio y a la especificidad de las especies de la IB, aún faltan pruebas convincentes y ambos aspectos son temas de la investigación actual.

## Agradecimientos

El autor es sostenido por la beca Hendrik Muller en nombre de la Real Academia de Ciencias y Artes de los Países Bajos (KNAW) y es miembro del Área de Investigación Prioritaria "Cerebro y Cognición" de la Universidad de Ámsterdam. Se agradece a Fleur Bouwer y a Gábor Háden por comentarios sobre una versión preliminar de este manuscrito.

## Conflictos de interés

El autor no declara conflictos de interés.

## Referencias

1. Honing, H. y A. Ploeger. Cognition and the evolution of music: pitfalls and prospects. *Topics Cogn. Sci.* In press.
2. Povel, D.J. y P. Essens. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Percept.* 2: 411-440.
3. Desain, P. y H. Honing. (1999). Computational models of beat induction: the rule-based approach. *J. New Music Res.* 28: 29-42.
4. Large, E.W. y M.R. Jones. (1999). The dynamics of attending: how people track time-varying events. *Psychol. Rev.* 10: 119- 159.
5. McAuley, J.D., M.R. Jones, S. Holub, *et al.* (2006). The time of our lives: life span development of timing and event tracking. *J. Exp. Psychol. Gen.* 135: 348-367.
6. Hannon, E.E. y S.E. Trehub. (2005). Metrical categories in infancy and adulthood. *Psychol. Sci.* 16: 48-55.
7. Fitch, W.T. (2006). The biology and evolution of music: a comparative perspective. *Cognition* 100: 173.
8. Grahn, J.A. y M. Brett. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *J. Cogn. Neurosci.* 19: 893-906.
9. Grube, M., F.E. Cooper, P.F. Chinnery y T.D. Griffiths. (2010). Dissociation of duration-based and beat-based auditory timing in cerebellar degeneration. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 11597-11601.
10. Trehub, S.E. y E.E. Hannon. (2006). Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition* 100: 73-99.
11. Phillips-Silver, J. y L.J. Trainor. (2005). Feeling the beat: movement influences infants' rhythm perception. *Science* 308: 1430.
12. Zentner, M. y T. Eerola. (2010). Rhythmic engagement with music in infancy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 5768-5773.
13. Winkler, I., G. Haden, O. Ladinig, *et al.* (2009). Newborn infants detect the beat in music. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106: 2468-2471.

15. Honing, H., O. Ladinig, I. Winkler y G. Haden. (2009). Is beat induction innate or learned? Probing emergent meter perception in adults and newborns using event-related brain potentials (ERP). *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1169: 93-96.
16. Hannon, E.E. y S.P. Johnson. (2005). Infants use meter to categorize rhythms and melodies: implications for musical structure learning. *Cogn. Psychol.* 50: 354-377.
17. Ladinig, O., H. Honing, G. Haden y I. Winkler. (2009). Probing attentive and pre-attentive emergent meter in adult listeners with no extensive music training. *Music Percept.* 26: 377-386.
18. Winkler, I., E. Kushnerenko, J. Horvath, *et al.* (2003). Newborn infants can organize the auditory world. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100: 1182-1185.
19. Honing, H. Structure and interpretation of rhythm and timing in music. In *Psychology of Music*. 3rd ed. D. Deutsch, Ed. Academic Press. London. In press.
20. Longuet-Higgins, H.C. y C.S. Lee. (1984). The rhythmic interpretation of monophonic music. *Music Percept.* 1: 424-441.
21. Oxford Music Online. (2011). Entry 'Syncopation'. Available at: <http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/27263>.
22. Brochard, R., D. Abecasis, D. Potter, *et al.* (2003). The "ticktock" of our internal clock: direct brain evidence of subjective accents in isochronous sequences. *Psychol. Sci.* 14: 362-366.
23. Drake, C. y D. Bertrand. (2001). The quest for universals in temporal processing in music. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 930: 17-27.
24. Fitch, W.T. y A.J. Rosenfeld. (2007). Perception and production of syncopated rhythms. *Music Percept.* 25: 43-58.
25. Honing, H. (2011). *The Illiterate Listener. On Music Cognition, Musicality and Methodology*. Amsterdam University Press. Amsterdam.
26. Winkler, I. (2007). Interpreting the mismatch negativity (MMN). *J. Psychophysiol.* 21: 147-163.
27. Paavilainen, P., P. Arajärvi y R. Takegata. (2007). Pre-attentive detection of nonsalient contingencies between auditory features. *Neuroreport* 18: 159-163.
28. Bendixen, A., E. Schrager e I. Winkler. (2009). I heard that coming: event-related potential evidence for stimulus-driven prediction in the auditory system. *J. Neurosci.* 29: 8447-8451.
29. Schrager, E. e I. Winkler. (1995). Presentation rate and magnitude of stimulus deviance effects on human pre-attentive change detection. *Neurosci. Lett.* 193: 185-188.
30. Naatanen, R., T. Kujala e I. Winkler. (2010). Auditory processing that leads to conscious perception: a unique window to central auditory processing opened by the mismatch negativity and related responses. *Psychophysiology* 48: 4-22.
31. Gaab, D. (this volume). Current fMRI methods with children. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*
32. May, P.J.C. y H. Tiitinen. (2010). Mismatch negativity (MMN), the deviance-elicited auditory deflection, explained. *Psychophysiology* 47: 66-122.
33. Yabe, H., M. Tervaniemi, K. Reinikainen y R. Naatanen, (1997). Temporal window of integration revealed by MMN to sound omission. *NeuroReport* 8: 1971-1974.
34. Ladinig, O., H. Honing, G. Haden e I. Winkler. (2011). Erratum to probing attentive and pre-attentive emergent meter in adult listeners with no extensive music training. *Music Percept.* 26: 444.
35. Honing, H. y F. Bouwer. (2011). Is hierarchy in rhythm perception consciously learned? In *Proceedings of the Rhythm Perception and Production Workshop*. Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences. Leipzig.
36. Patel, A.D. (2008). *Music, Language, and the Brain*. Oxford University Press. Oxford.
37. Fitch, W.T. (2009). Biology of music: another one bites the dust. *Curr. Biol.* 19: 403-404.
38. Patel, A.D., J.R. Iversen, M.R. Bregman e I. Schulz. (2009). Studying synchronization to a musical beat in nonhuman animals. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1169: 459-469.
39. Zarco, W., H. Merchant, L. Prado y J.C. Mendez. (2009). Subsecond timing in primates: comparison of interval production between human subjects and rhesus monkeys. *J. Neurophysiol.* 102: 3191-3202.
40. De Waal, F.B.M. (2009). Darwin's last laugh. *Nature* 460: 175.

41. Nelken, I. y N. Ulanovsky. (2007). Mismatch negativity and stimulus-specific adaptation in animal models. *J. Psychophysiol.* **21**: 214-223.

## Notas

<sup>a</sup> Título original del paper: “Without it no music: beat induction as a fundamental musical trait.” Publicado en: *The Neurosciences and Music IV Learning and Memory. Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252 (2012), 85–91. © 2012. New York Academy of Sciences. ISSN 0077-8923. Traducción: Manuel Alejandro Ordás. Revisión Técnica: Isabel Cecilia Martínez. Publicado con permiso del autor en el Boletín de SACCoM.

<sup>b</sup> Filiación Institucional del autor: Instituto de Lógica, Lenguaje y Computación, y el Centro de Ciencia Cognitiva Ámsterdam, Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos. Dirección para la correspondencia: Henkjan Honing, Instituto de Lógica, Lenguaje y Computación (ILLC), y Centro de Ciencia Cognitiva Ámsterdam (CSCA), Universidad de Ámsterdam, PO Caja 19268, NL 1000 GG Ámsterdam, Países Bajos. honing@uva.nl

<sup>c</sup> N. del T.: La palabra *beat* se traduce literalmente como *pulso*. Consideramos que en los escritos en español de esta índole actualmente la palabra *beat* es de uso general, por lo tanto se optó por utilizar el término en el idioma original. Tal es así que *beat induction (BI)* se tradujo como *inducción del beat* y a partir de ahí la sigla abreviada figura como IB.

<sup>d</sup> Se prefiere utilizar el término *inducción del beat* en lugar de *percepción* (y sincronización) *del beat* para enfatizar que el beat no siempre necesita estar presente físicamente para poder ser “percibido” (ver por ejemplo la sección acerca del “silencio fuerte”). Además se hace hincapié en que la inducción del beat no es un proceso perceptual pasivo sino que constituye un proceso activo en el que el ritmo evoca un patrón regular en el oyente. La investigación actual se interesa por conocer el modo en que este proceso depende de la atención y/o de la conciencia y si es posible que haya una diferencia cognitiva y neurológica entre la inducción del beat y la inducción del metro.

<sup>e</sup> N. del T.: Para el uso de las siglas del concepto traducido como *Potencial de Disparidad (Mismatch Negativity)* a lo largo del escrito, se utiliza la abreviatura original en inglés *MMN* dado que aun en los escritos en español que utilizan estas pruebas de medicina, esta sigla aparece sin modificación.

<sup>f</sup> N. del T.: Estímulos infrecuentes, extraños o desviados.