

La lectura musical y la complejidad en la partitura

Un modelo de validez ecológica para las mediciones de complejidad en música escrita

Music Reading And The Complexity In The Score

An Ecological Validation Model For Complexity Measurements In Written Music

Patricio F. Calatayud^a, Pablo Padilla Longoria^b, María del Mar Galera-Núñez^c, Gabriela Pérez-Acosta^d

Abstract:

We present a model that allows the content of the score to be divided automatically, based on the latest insights in music reading, cognition, and complexity. By relating “perceptual breadth” and “working memory”, we are able to find precise thresholds, which can be used to assess the complexity of music reading. The model conforms to the ecological validity requirements for the calculations that evaluate the complexity in written music and the validation shows that it is applicable to easy and difficult fragments written with musical notation.

Keywords:

Musical notation, complexity, perceptual amplitude, working memory

Resumen:

Presentamos un modelo que permite dividir el contenido de la partitura automáticamente, basado en las ideas más recientes de lectura, cognición y complejidad musicales. Relacionando la “amplitud perceptual” y la “memoria de trabajo”, somos capaces de encontrar umbrales precisos, que pueden ser utilizados para evaluar la complejidad de música leída. El modelo se ajusta a los requerimientos de validez ecológica para los cálculos que evalúan la complejidad en música escrita y la validación muestra que el mismo es aplicable a fragmentos fáciles y difíciles escritos con notación musical.

Palabras Clave:

Notación musical, complejidad, amplitud perceptual, memoria de trabajo

Introducción

Hasta el momento, muchos de los modelos que miden la complejidad musical (desde análisis armónico, hasta la inteligencia artificial aplicada a la música) no toman en

cuenta la forma en que el músico percibe. Esto es, la relación entre la capacidad sensorial, perceptual y la memoria del músico al que le podría interesar aquellas mediciones. Aquellos modelos terminan arrojando números que tienen poca relación significativa con lo que

^a Autor de Correspondencia, Facultad de Música, UNAM, Posgrado en Música, UNAM. <https://orcid.org/0000-0001-7693-7666>, Email: patricio@fam.unam.mx

^b IIMAS, UNAM, Facultad de Música, UNAM <https://orcid.org/0000-0003-3457-6289>, Email: pabpad@gmail.com

^c Facultad de Sevilla, España. <https://orcid.org/0000-0003-3693-1694>, Email: mmgalera@us.es

^d Facultad de Música, UNAM, Posgrado en Música, UNAM. <https://orcid.org/0000-0002-5371-5128>. Email: gabper@gmail.com

están midiendo. Por ejemplo, la implementación de varias estrategias de complejidad para encontrar patrones en música (Lopes & Tenreiro, 2019), la detección de patrones de complejidad el estudio de la evolución tonal en grandes corpus de jazz (Weiss et al., 2018), el análisis de biodiversidad en partituras musicales (Angeler, 2020), representaciones cuantitativas visuales con notación musical (Chase, 2006) o algoritmos para medir complejidad sintáctica en música (Holder, 2015) utilizan la capacidad computacional para calcular datos, pero no toman en cuenta la capacidad humana para hacerlo. Probablemente admiten que el modelo que utiliza memoria computacional es compatible con la forma en que las neuronas producen actividad cerebral. Sin cuestionar directamente los objetivos de los estudios mencionados y otros, creemos que tomar en cuenta las capacidades perceptuales del ser humano permite obtener resultados más accesibles y, en muchos casos, puede añadir rigurosidad y validez ecológica tanto a los paradigmas experimentales como a sus resultados. Esta información también puede mejorar el análisis musical cualitativo y la emisión de información que tenga un correlato con la experiencia humana, más que la capacidad computacional de medir.

Para comenzar a incidir en esta problemática, presentamos el diseño de un modelo de validez ecológica que permite humanizar las mediciones de complejidad en música escrita, basándonos en las investigaciones más recientes sobre las capacidades humanas para percibir y la cognición implicada. Esto podría no ser importante, a no ser que se quiera evaluar la legibilidad musical, el desgaste del músico (la carga cognitiva), el diseño de programas de estudio para educación musical y demás áreas, donde el contenido que se analiza puede ayudarse de un análisis de complejidad que tenga en cuenta la forma en que el mismo es percibido; o producido.

Para delimitar este trabajo, el modelo conceptualiza la cantidad de información que un músico lee, al momento de plasmar la mirada en la partitura; es decir, delimita la información musical en cada foco de atención tomando la lectura musical como un proceso "activo". Por esto, el modelo expone así una orientación hacia la musicología cognitiva (Laske, 1988). También, dado que los ámbitos sobre los que se investiga la lectura musical mediante adquisición fisiológica (ver: Stewart, 2005) o semiótica (ver: Schultz, 1998) son vastas, iniciaremos este trabajo concentrándonos sólo en la lectura visual de la música como objeto de estudio. Esto nos permitirá, a su vez, medir la capacidad de lectura en relación a la amplitud perceptual, visual en nuestro caso, y la memoria de trabajo.

Finalmente, para este modelo y por razones de practicidad, utilizaremos la notación musical de la llamada "Práctica Común" (PC); estilo de escritura que se

consolida a fines del siglo XVIII con el establecimiento de la tonalidad y concluye su desarrollo con ella a principios del siglo XX. Este estilo de escritura, además, es el más utilizado en investigación sobre cognición musical (Ávila Cascajares, 2021; Bennett et al., 2020; Burman & Booth, 2009; Chang & Gauthier, 2021; Eden Ünlü & Ece, 2019; Gunter et al., 2003; Janurik et al., 2022; Mills & McPherson, 2015; Sheridan & Kleinsmith, 2021; Silva & Castro, 2019; Sloboda, 1976; Stenberg, 2019; Viljoen & Foxcroft, 2020).

Percepción y lectura

Es bien sabido que la investigación en lectura musical depende en gran medida de los avances en investigación en lectura literaria (Chang & Gauthier, 2021; Gunter et al., 2003; Janurik et al., 2022). De este campo sabemos que, antes de identificar símbolos de forma semiótica, existe una "amplitud perceptual" (AP) entendida en relación al enfoque de la mirada, modulado por la atención hacia el objeto y la distancia a la que está del ojo.

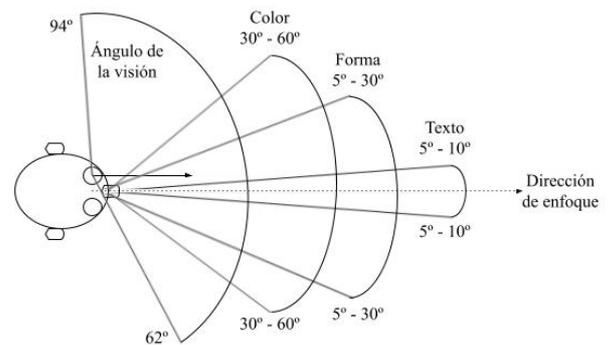


Figura 1. Amplitud perceptual y ángulos de la visión, adaptado de Ishiguro et al. (2011).

El "sistema visual" define el camino que llevan las variaciones de luz reflejadas en una hoja, desde el ojo, a través de todo el cerebro de forma sagital, hasta llegar a la región más posterior del lóbulo occipital (Stewart, 2005). Este trayecto transversal hoy se estudia (y se modela computacionalmente) a partir del estudio de tres acciones básicas:

"Fijación ocular": Donde todos los componentes oculares se enfocan y ajustan a un determinado objeto, calculando su ubicación y características (durando aproximadamente entre 200 y 300 ms.; en Puurtinen, 2018);

"Movimientos sacádicos": Utilizados para reubicar las fijaciones oculares en distintos objetos. Cuando oímos un ruido, dirigimos visión a la fuente sonora y esto en música escrita sucede cuando vamos de un compás a otro mientras leemos (entre 4 y 50 ms.; Puurtinen, idem), y

“Dilatación pupilar”: El estudio más reciente de la cognición de lectura musical se estudia como indicador de la carga cognitiva en tareas de legibilidad literaria (Sinha et al., 2019) o como factor de trabajo a la hora de leer notación novedosa o incongruente (Chitalkina et al., 2020).

Estos movimientos, en conjunto con la memoria de trabajo, permiten concebir un “lapso perceptivo” (reportado en McConkie & Rayner, 1975) que desarrollaremos más adelante.

En música, la AP se ha observado con mucha atención desde la cognición. Autoras como Sheridan & Kleinsmith (2020) conceptualizan la existencia de tres áreas que delimitan la capacidad perceptiva del músico: Las áreas “foveal”, “parafoveal” y “periférica”.



Figura 2. Visualización de las tres áreas, adaptado de Sheridan & Kleinsmith (2020).

Pero aún no estamos hablando de lectura. Desde hace mucho tiempo, los psicólogos han intentado describir la complejidad que implica la percepción. Según ellos no sólo sentimos colores, sonidos, aromas, gustos o texturas, sino que también agrupamos estas sensaciones en ideas que llamamos percepción. Sólo hasta que los especialistas en cognición musical recurrieron a otras disciplinas científicas, fisiológicas o artísticas pudieron refinar estas ideas. Hoy podemos encontrar investigación sobre percepción musical y lectura basados en principios de la Gestalt (Eden Ünlü & Ece, 2019; Morgan et al., 2019), “procesamiento holístico” (Chang & Gauthier, 2021), producción de “holones” (Angeler, 2020) o templates (Sheridan & Kleinsmith, 2021); por citar algunos. Gracias a estos conceptos hoy podemos hablar de “lectura musical”, sabiendo que uno no mira sólo bolitas y palitos sino que ve una notación de J , un signo de bemol b , etc. Esto nos dice que un dibujo complejo, mediante una codificación, llega a ser percibido de forma inteligente (gracias a nuestros conocimientos previos) y, mediante una decodificación, llega a ser leído.

En este sentido, aunque puede haber empezado con una imagen «completa» de la partitura, un músico va leyendo el contenido mediante un proceso de enfoque, que barre progresivamente la partitura absorbiendo el contenido mediante un proceso de agrupamiento que, como mencionamos, podemos intuir siguiendo los principios de la Gestalt y que concluye en la idea de “gesto musical”.

Ahora sí, hablando de lectura musical, según la literatura más reciente, los músicos leemos con la ayuda de tres estrategias cognitivas: a. Transcodificación visuo muscular (aquella que va de la visión a la emisión de sonido instrumental); b. Transcodificación visuo auditiva (de la visión a la entonación), y c. Transcodificación visuo lingüística (de la visión al reporte de lo leído; cómo en un examen) (Janurik et al., 2022). Sin embargo, entendemos que estas utilizan, al menos de forma basal, los mismos mecanismos cerebrales y, como veremos más adelante, se suelen entender combinadas (ver: Lapso óculo-manual en Sloboda, 1976).

Para completar el concepto de lectura musical, abordamos el segundo elemento del proceso: La MT [memoria de trabajo], el cual es un concepto amplio que podemos encontrar sistematizado en las investigaciones de Baddeley (2003) y específicamente en música con Ávila Cascajares (2021). A partir de estas investigaciones y el estudio de enfoques visuales entre expertos y no expertos en música (Viljoen & Foxcroft, 2020); el estudio de los beneficios en estructura cerebral y funciones ejecutivas fortalecido por el estudio de la lectura musical (Chang & Gauthier, 2021); y el estudio de la lectura «en voz baja» (Silva & Castro, 2019), podemos entender el papel que juega la MT en la lectura musical.

De nuevo, gracias a los avances en cognición musical, esta vez aportados por la tecnología, sabemos que la mirada del músico, al momento de leer partituras escritas con notación de la Práctica Común (PC), regresa muchas veces al inicio de la misma. ¿Por qué ocurre esto?

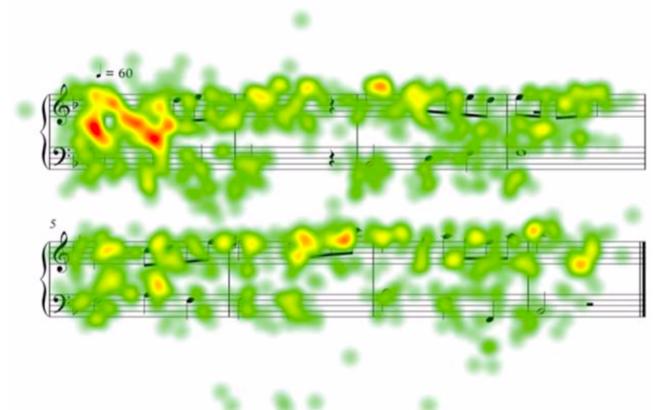


Figura 3. “Mapa de calor” que indica los enfoques de la mirada (capturados mediante un sistema de rastreo ocular) y que cambian de verde a rojo según la

incidencia de la mirada en la región. Imagen copiada de Viljoen & Foxcroft (2020: 767).

Sabemos que en música escrita con aquella notación, existen elementos explícitos (que se escriben constantemente con la “altura” o la “figura rítmica”) e implícitos (que se escriben una sola vez y condicionan la información subsiguiente, como las “claves” o la “armadura”). Esto confirma que la utilización de este tipo de notación musical es ideal para estudiar la relación entre AP y MT. Mucha información que lee un músico en cada mirada está condicionada por otra que vio antes.

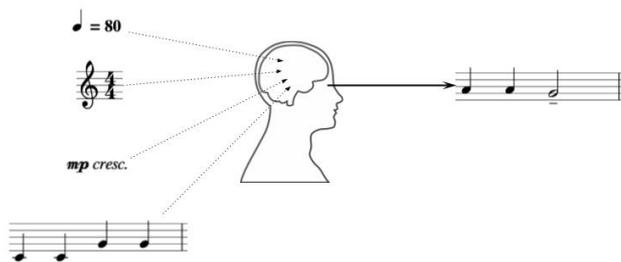


Figura 4. Diseño de la relación entre percepción visual y MT.

En el diagrama vemos un posible esquema de cómo se relaciona la visión de la partitura y algunos elementos que están almacenados en la MT.

Finalmente, desde el ámbito cognitivo, sabemos que estas miradas que leen exigen un esfuerzo distinto para cada ser humano y que la absorción de los elementos depende de complejos mecanismos cerebrales y mentales limitados, en varios sentidos, de músico a músico. Nosotros abordaremos el modelo de lectura visual asignando rangos mínimos y máximos de información a la AP y la MT en base a la experiencia de los especialistas en cognición musical y los resultados de sus experimentos.

Antes de abordar la metodología, terminaremos de justificar este trabajo con la exposición de un tema conflictivo en investigación musical, pero que tiene la única finalidad de intervenir el trabajo del investigador y el uso de computadoras.

La validez ecológica

Dentro de la investigación psicológico cognitiva, algunos autores mencionan la validez ecológica como reflexión indispensable en los diseños de paradigmas (Valle, 1985). Esta previsión sirvió (y sirve) para mediar entre los que siguen un tipo de paradigma *in vitro* y los que proponen paradigmas *in situ* o *in vivo*. Es decir, intenta mediar entre la investigación que aísla al sujeto de su entorno para investigar el impacto de alguna condición y

la que realiza investigación dentro del entorno natural (tal vez imposible en algunos casos). Estas ideas hoy en día tienen un rol fundamental y renovado dentro de los recientes eventos de aislamiento por la pandemia global. En este trabajo, este tipo de previsión justifica la idea de contar con un tipo de modelo que genere una medida de complejidad que no funcione en abstracto computacional, sino que ofrezca información rigurosa sobre la relación de la información musical y su percepción real; no virtual. Esto toma vital importancia al momento en que las computadoras comienzan a desarrollar cálculos con inmensa cantidad de datos en ámbitos de cognición en general y, por supuesto, musical. Nosotros pretendemos que este modelo intervenga los diseños de evaluación de grandes datos para la investigación en procesos cognitivos.

En investigación sobre música, especialmente en cognición musical, la creación de modelos computacionales es común y se les denominó “musicología cognitiva” (Laske, 1988). Desafortunadamente, muchos modelos, sobre todo en complejidad musical, no toman en cuenta cómo se percibe y realizan mediciones abstractas en todo el contenido, de forma simultánea; como si el destinatario del estudio pudiera tener todo el contenido al mismo momento. Un ejemplo de esto son los estudios sobre dificultad de lectura: A diferencia de nuestra propuesta, se asume que el músico tiene todo el contenido legible frente a él.

Metodología

¿Cómo podemos intervenir en el entendimiento de la complejidad musical, teniendo en cuenta los mecanismos de lectura visual de la música, expuestos en experimentación cognitiva? Combinando las ideas anteriores y la necesidad de intervenir en el procesamiento computacional de datos cognitivos, construimos un modelo que delimita el análisis de una partitura en subdivisiones, limitadas en rangos que asignamos para la AP y la MT. Sin embargo y para cumplir sus objetivos, este modelo necesita ser lo suficientemente flexible para poder ser utilizado en varios contextos, donde la experiencia lectora del músico es importante.

Unidades de Lectura Musical

Con el objetivo de intervenir las mediciones de complejidad, en este caso, en música escrita con notación de la PC, diseñamos la noción de “Unidades de Lectura Musical” (ULMs). Estas unidades permitirán al investigador segmentar el escrito para ser analizado en cada mirada que realiza el músico. De esta forma

tenemos una estrategia que puede ser justificada mediante una validación ecológica.

Herederas de la concepción de “ventana móvil” en las investigaciones de McConkie & Rayner (1975), estas unidades representan la capacidad de los lectores de procesar información escrita previo a la fijación ocular en un punto específico del texto. Investigaciones como esta, nos permiten entender que un músico lee lo escrito de forma fragmentada y secuenciada entre fijaciones y movimientos sacádicos del ojo. Si a estos movimientos le añadimos la habilidad descrita, enmarcada en la memoria de trabajo, tenemos una subdivisión de la partitura que puede ayudarnos a modelar su lectura. Las subdivisiones que resultan (las ULMs) son análogas a la noción de engrama (ver: Morgan et al., 2019) y se traducen en gestos que serán leídos en «voz alta» o en «voz baja». Las ULMs también pueden entenderse como “ventanas” que relacionan AP y MT entendiendo que ambas funciones trabajan en conjunto y están completamente interrelacionadas; esto se confirma desde la investigación con EEG (Stewart, 2005). Identificarlas por separado sólo tiene el objetivo de modelarlas apropiadamente. También, este procedimiento de subdivisión encuentra similitudes y es compatible con el desarrollo de software para transcripción musical: Lassfolk (2004) menciona cómo se utiliza la concepción de “Glifo” (Glyph), que define tanto como una nota o todo un grupo (en un sistema, por ejemplo), combinando otro grupo de información, identificada en otro momento particular (de nuevo, la relación entre información explícita e implícita). También encontramos estos procedimientos en algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres (OMR, optical music recognition), donde las computadoras son capaces de reconocer objetos musicales mediante una organización categorial jerarquizada, para luego ser registradas en archivos musicales como MIDI o musicXML (Lassfolk, ídem). También existe un paralelo en el modelo “ACT” (ver: Kurkela, 1989) que establece un esquema de conexión y conversión de símbolos gráficos (plicas, neumas, etc.) en notación musical (cuarto, blanca, etc.).

Sabemos que no hay una medida absoluta en cuanto a la amplitud espacio-temporal de los segmentos y el contenido alojado en cada uno. Sin embargo, luego de consultar la literatura mencionada, sabemos que existen rangos, fronteras o límites usuales en la percepción y la memoria. Tomaremos estos datos reportados y limitaremos el contenido que se lee mediante ULMs mediante pulsos y eventos:

Pulsos: De dos “tiempos” (beats) simultáneos (Stenberg & Cross, 2019) a cuatro elementos (Baddeley, 2003;

Gunter et al., 2003). Aunque se mencionan límites más fronterizos que llegan a dos compases completos (Bennett et al., 2020).

Eventos (notas y silencios): Dentro de los límites reportados podemos encontrar umbrales que van de dos eventos a siete (más o menos dos elementos, ver: Ávila Cascajares, 2021 y Mills & McPherson, 2015) o de 11 a 15 caracteres (en McConkie & Rayner, 1975).

Específicamente para la AP sabemos que la amplitud perceptual está modulada por un componente llamado “lapso óculo-manual” (Sloboda, 1976), que define el tiempo en que el músico se “adelanta” a la producción instrumental de sonido, ubicando la mirada más adelante (Gunter et al., 2003). También sabemos que la *expertise* del músico permite ampliar su espectro visual (Farrington-Darby & Wilson, 2006), incorporando más detalles en el gesto producido y que el ensayo de la partitura incrementa sustancialmente aquél espectro (Burman & Booth, 2009). Por otro lado, para la MT encontramos que la notación de la PC está agrupada por acentos en un compás, por lo que cada unidad contiene la acumulación de los elementos notacionales en ellos. De esta forma, preferimos modelar el rango o límite, entendiéndolo como el pulso más saliente de la partitura escrita con notación de la PC: El tactus (Lerdahl & Jackendoff, 1983; Malbrán, 2007).¹ Este concepto, aunque jerarquiza la percepción rítmica de la música, será utilizado aquí como enmarque de las ULMs. A partir del tactus vamos a discretizar el incremento de la capacidad de retención e integración a partir del “pulso” (un J para un compás de 4/4, un ♩ para un compás de 3/8, etc.) y pudiendo subir dos niveles de tactus (Acento y compás completo) para lectores experimentados.

Siendo un modelo computacional de cognición musical, terminamos notando que, aunque ubicamos la información en ventanas, éstas no separan lo que está antes o después (de alguna manera intuimos esto con los tipos de visión foveal, parafoveal y periférica en Sheridan & Kleinsmith).



Figura 5. La ULM vista por una computadora, en contraste con la ULM vista por el músico.

Validación

Veamos ahora un ejemplo de la construcción de una ULM en dos partituras,

¹ De origen Medieval, el “tactus” definía lo que hoy conocemos como “pulso” y fue el antecesor de nuestra noción actual de

compás. Más adelante, en el siglo XX se utilizó como medida de jerarquía perceptual rítmica y estructural de la música.

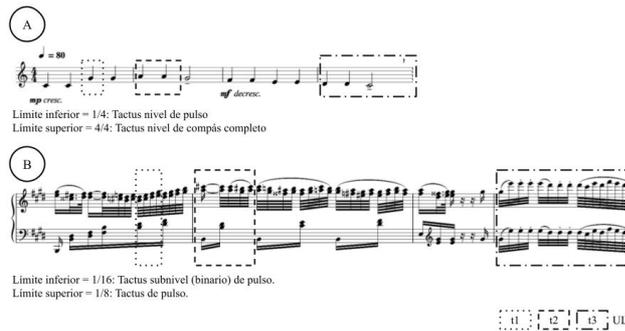


Figura 6. Dos ejemplos de segmentación de una partitura. El primero es una transcripción de la canción popular francesa *Je vous dirais Maman* (transcrito por el autor con MuseScore 3) y el segundo son los compases 26 al 29 del segundo movimiento *Largo* del 3er. *Concierto para piano y orquesta* de L.V. Beethoven (Dover, 1983).

En la partitura A tenemos un escrito simple, con poca información por lo que podemos segmentarlo sin mayor complicación, sea un solo pulso (o beat), dos o tres, teniendo en cuenta qué entendemos por información. Es decir, ¿la línea de “portamento” en la última nota de la partitura A se debe considerar como un evento además de la altura y su duración? Lo mismo nos podríamos preguntar con la información de “dinámica” (*mp* o *mf*). En cambio, en la partitura B tenemos un escrito bastante denso, con mucha información (además aislado de la información de la orquesta que acompaña al piano). Podríamos debatir aquí cuál es el límite superior real o verdadero, incluso son válidas las preguntas más simples como, ¿qué nota se lee primero en un acorde, la superior o la inferior? ¿Se leen las notas por separado o se asumen los intervalos para cada nota? Y muchas preguntas más. Afortunadamente, quienes investigamos sobre complejidad en música, debemos considerar estos conflictos antes de realizar un experimento que incorpore las ULMs. Con estas consideraciones, las limitaciones de información en las ULMs deberían resultar bastante automáticas.

Finalmente, una implementación en la que estamos trabajando, con la ayuda de las ULMs, está enfocada en comparar las unidades entre sí: La unidad actual con la pasada, en términos de sorpresa o familiaridad. Es decir, estamos realizando una comparación cuantitativa de la información que un músico está leyendo, aportando datos de lo que leyó antes. De esta forma, estamos entendiendo los procesos de lectura relacionados a la información que se está leyendo, de forma más rigurosa y cuidando la validez ecológica de los experimentos.

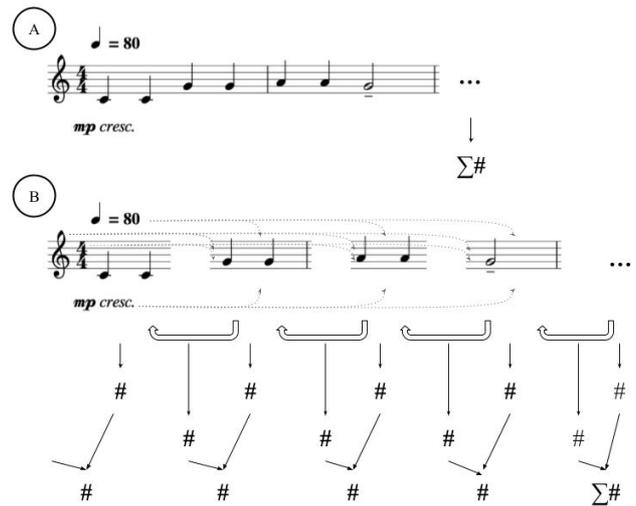


Figura 7. Pequeño esquema donde se contrasta la visión de la complejidad computacional clásica y la segmentada por nuestro modelo.

En esta figura vemos comparados dos modelos de información y complejidad posibles; uno imitado desde los trabajos mencionados al inicio de este texto y otro implementando nuestro modelo de segmentación. En este último se divide la partitura en segmentos, analizados desde la relación entre AP y MT, teniendo en cuenta la influencia de la información implícita (marca metronómica, clave y compás) en todas las ULMs, teniendo en cuenta también la diferencia entre la unidad actual y la anterior. Una vez que sumamos los valores y emitimos resultados en ambas estrategias, obtenemos datos muy distintos.

Como vemos, aunque la complejidad aumenta, la visualización mantiene una relación más cercana al procesamiento cognitivo de la lectura musical.

Conclusiones

Con este modelo estamos describiendo, idealmente, cómo un músico va leyendo secuencialmente la partitura y esto pone a la lectura como un proceso activo, latente en la lecto escritura musical.

Tenemos a la mano una herramienta, fundamentada en las teorías más recientes sobre cognición musical y lectura, que nos permite segmentar una partitura teniendo en cuenta la capacidad visual y la mnémica de un músico común. Esta subdivisión tiene, además, dos límites, también fundamentados a partir de experimentación cognitiva. Con ella podemos observar la forma progresiva (ideal) en que un músico va “barriando” la partitura con la mirada.

Específicamente, aquello que llamamos extensión de la música, sea observada desde la extensión escrita de la partitura o la extensión de la grabación (en una performance específica) ya no es la misma; al menos

desde su análisis. También cuanto más complejidad en la partitura, más difícil la construcción de las ULMs. Finalmente, la utilidad de este tipo de segmentación, más allá de su utilización endémica en investigaciones que utilizan estímulos de este tipo para investigación cognitiva, puede utilizarse como herramienta de análisis, la creación de hipótesis más rigurosas sobre la construcción de estructuras amplias en música, mejorar la forma en que relacionamos lectura y audición, entre tantos ejemplos.

Trabajo futuro

Queda implementar este modelo de subdivisión en experimentos cognitivos empíricos, a esta altura generamos un modelo de segmentación basados en una problemática específica, sin embargo, cualquier incremento de rigurosidad en la investigación científica no hace más que beneficiar el campo. Una unidad de medida de lectura que permita replicar los resultados debe ponerse a prueba aún.

Para realizar este tipo de modelo de subdivisión de la lectura en otro tipo de escritura musical como la escritura sin pentagrama o sin compás, es decir, tanto música del siglo XX como Medieval, debemos manipular el modelo, cambiando la noción de tactus por otro tipo de jerarquía; entre otras modificaciones. Afortunadamente la intuición nos indica que estos cambios implican ubicar alguna fuente (sea histórica o el mismo compositor) que ofrezca algún tipo de guía al respecto.

Queda, como mencionamos, ampliar la delimitación de lectura a otro tipo de sensaciones como la lectura háptica en personas con deficiencia visual y también lecturas crosmodales como las que en algún momento apoyaron al cine o algunos experimentos de vanguardia en composición musical..

Referencias

[1] Angeler, D. G. (2020). Biodiversity in Music Scores. *Challenges*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.3390/challe11010007>

[2] Ávila Cascajares, F. S. (2021). Capacidad de memoria y estrategias de instrumentistas y no músicos en pruebas auditivas de Sternberg modificadas con unidades significativas musicales y verbales. Tesis de maestría en cognición musical: UNAM.

[3] Bennett, D., Gobet, F., & Lane, P. C. R. (2020). Forming Concepts of Mozart and Homer Using Short-Term and Long-Term Memory: A Computational Model Based on Chunking. In S. Denison, M. Mack, Y. Xu, & B. C. Armstrong (Eds.), *Proceedings of the 42th Annual Meeting of the Cognitive Science Society—Developing a Mind: Learning in Humans, Animals, and Machines*, CogSci 2020, virtual, July 29—August 1, 2020.

[4] Burman, D. D., & Booth, J. R. (2009). Music Rehearsal Increases the Perceptual Span for Notation. *Music Perception*, 26(4), 303–320. <https://doi.org/10.1525/mp.2009.26.4.303>

[5] Chang, T.-Y., & Gauthier, I. (2021). Domain-specific and domain-general contributions to reading musical notation. *Attention, Perception, & Psychophysics*. <https://doi.org/10.3758/s13414-021-02349-3>

[6] Chase, I. D. (2006). Music notation: A new method for visualizing social interaction in animals and humans. *Frontiers in Zoology*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-3-18>

[7] Chitalkina, N., Puurtinen, M., Gruber, H., & Bednarik, R. (2020). Handling of incongruences in music notation during singing or playing. *International Journal of Music Education*, 39(1), 18–38. <https://doi.org/10.1177/0255761420944036>

[8] Dover publications. (1983). *Ludwig van Beethovens Werke, Serie 9, Nr.67*. Leipzig: Breitkopf und Härtel, n.d.[1862]. Plate B.67. dominio público, acceso desde [https://imslp.org/wiki/Piano_Concerto_No.3%2C_Op.37_\(Beethoven_%2C_Ludwig_van\)](https://imslp.org/wiki/Piano_Concerto_No.3%2C_Op.37_(Beethoven_%2C_Ludwig_van)), acceso 2022-01-01.

[9] Eden Ünlü, S., & Ece, A. S. (2019). Reading notation with Gestalt perception principles: Gestalt algı ilkeleri ile notasyon okuma. *Journal of Human Sciences*, 16(4), 1104–1120. <https://doi.org/10.14687/jhs.v16i4.5822>

[10] Gunter, T. C., Schmidt, B.-H., & Besson, M. (2003). Let's face the music: A behavioral and electrophysiological exploration of score reading. *Psychophysiology*, 40(5), Article 5. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00074>

[11] Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.

[12] Holder, E., Tilevich, E., & Gillick, A. (2015). Musiplectics: Computational assessment of the complexity of music scores. 2015 ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (Onward!) - Onward! 2015, 107–120. <https://doi.org/10.1145/2814228.2814243>

[13] Ishiguro, Y., & Rekimoto, J. (2011). Peripheral vision annotation: Noninterference information presentation method for mobile augmented reality. *Proceedings of the 2nd Augmented Human International Conference on - AH '11*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/1959826.1959834>

[14] Janurik, M., Surján, N., & Józsa, K. (2022). The Relationship between Early Word Reading, Phonological Awareness, Early Music Reading and Musical Aptitude. *Journal of Intelligence*, 10(3), 50. <https://doi.org/10.3390/jintelligence10030050>

[15] Laske, O. E. (1988). *Introduction to Cognitive Musicology*. *Computer Music Journal*, 12(1), 43. <https://doi.org/10.2307/3679836>

[16] Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. MIT Press.

[17] Lopes, A. M., & Tenreiro Machado, J. A. (2019). On the Complexity Analysis and Visualization of Musical Information. *Entropy*, 21(7), 669. <https://doi.org/10.3390/e21070669>

[18] Malbrán, S. (2007). El oído de la mente. Akal.

[19] McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17(6), 578–586. <https://doi.org/10.3758/BF03203972>

[20] Mills, J., & McPherson, G. E. (2015). Musical literacy: Reading traditional clef notation. En McPherson, G. E. (Ed.), *The Child as Musician* (pp. 177–191). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198744443.003.0009>

[21] Morgan, E., Fogel, A., Nair, A., & Patel, A. D. (2019). Statistical learning and Gestalt-like principles predict melodic expectations. *Cognition*, 189, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.12.015>

[22] Pease, A., Mahmoodi, K., & West, B. J. (2018). Complexity measures of music. *Chaos, Solitons & Fractals*, 108, 82–86. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2018.01.021>

[23] Puurtinen, M. (2018). Eye on Music Reading: A Methodological Review of Studies from 1994 to 2017. *Journal of Eye Movement Research*, 11(2). <https://doi.org/10.16910/jemr.11.2.2>

- [24] Schultz, M. (1998). La notación musical desde la perspectiva semiótica. *Arte e Investigación*, 2(2), 44–47.
- [25] Sheridan, H., & Kleinsmith, A. L. (2021). Music reading expertise affects visual change detection: Evidence from a music-related flicker paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 174702182110569. <https://doi.org/10.1177/17470218211056924>
- [26] Silva, S., & Castro, S. L. (2019). The time will come: Evidence for an eye-audiation span in silent music reading. *Psychology of Music*, 47(4), 504–520. <https://doi.org/10.1177/0305735618765302>
- [27] Sloboda, J. A. (1976). The effect of item position on the likelihood of identification by inference in prose reading and music reading. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 30(4), Article 4. <https://doi.org/10.1037/h0082064>
- [28] Stenberg, A., & Cross, I. (2019). White spaces, music notation and the facilitation of sight-reading. *Scientific Reports*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41445-1>
- [29] Stewart, L. (2005). A Neurocognitive Approach to Music Reading. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(1), Article 1. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.032>
- [30] Valle, F. (1985). El problema de la validez ecológica. *Estudios de Psicología*, 6(23–24), 135–151. <https://doi.org/10.1080/02109395.1985.10821439>
- [31] Viljoen, J. F., & Foxcroft, C. (2020). Gaze Patterns of Skilled and Unskilled Sight Readers Focusing on the Cognitive Processes Involved in Reading Key and Time Signatures. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 14(9), 764–767. <https://publications.waset.org/vol/165>
- [32] Weiss, C., Balke, S., Abeßer, J., & Müller, M. (2018). Computational Corpus Analysis: A Case Study on Jazz Solos. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1492439>