Epistemus. Revista de Estudios en Música, Cognición y Cultura
Vol. 13, Núm. 1, e081, Artículos originales de investigación, 2025
https://doi.org/10.24215/18530494e081
ISSN 1853-0494 | https://revistas.unlp.edu.ar/Epistemus
Recibido: 09/12/2024 - Aceptado: 22/09/2025

Un indicador para evaluar la Complejidad Intrínseca en notación musical de la Práctica Común

An indicator for assessing Intrinsic Complexity in Common Practice music notation.

Um indicador para avaliar a complexidade intrínseca da notação musical na prática comum.

Patricio Federico Calatayud
patricio@fam.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Pablo Padilla Longoria
pabpad@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México, México

María del Mar Galera-Núñez
mmgalera@us.es
Universidad de Sevilla, España

Gabriela Pérez Acosta
gabper@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen | Este estudio experimental emerge desde la necesidad de contar con valores cuantitativos que distingan la complejidad de aprendizaje y ejecución de los diferentes elementos de la notación musical. Aunque la relación entre música y complejidad es vasta, no hay mucha información sobre modelos de complejidad y notación musical. Aún así, logramos diseñar un modelo que distingue la Complejidad Intrínseca en un grupo de elementos de notación musical de la Práctica Común. Un primer experimento, realizado sobre un corpus de libros de educación musical (N = 64), permite construir un conjunto básico de elementos de notación musical, filtrado del su enorme conjunto. Esta selección fue organizada mediante dos variables: Ordinalidad y Preferencia, que es estadísticamente significativa para incluirse en una medición de complejidad (correlación de Pearson de -0.88; p < 0.001). Con la ayuda de un cálculo de medición de riesgo en la toma de decisiones, realizamos un segundo experimento, donde construimos un nuevo indicador basándonos en las variables mencionadas. Este, al que llamamos Indicador de Pertinencia asigna un valor de complejidad intrínseco distinto para cada elemento de notación musical. Finalmente, es importante recalcar que las relaciones entre estadística y teoría musical distan de tener resultados rigurosos, este texto reporta un acercamiento desde la estadística más simple y pretende ser parte de la integración entre esta y la

teoría musical.

Palabras clave | notación musical, revisión literaria, educación musical, entropía, complejidad

Abstract | This experimental study emerges from the need to have quantitative values that distinguish the complexity of learning and execution of the different elements of musical notation. Although the relationship between music and complexity is vast, there is not much information about complexity models and musical notation. Still, we managed to design a model that distinguishes Intrinsic Complexity in a group of Common Practice music notation elements. A first experiment, performed on a corpus of music education books (N = 64), allows us to build a basic set of music notation items, filtered from their huge set. This selection was organized by two variables: Ordinality and Preference, which is statistically significant to be included in a complexity measurement (Pearson correlation of -0.88; p < 0.001). With the help of a decision risk measurement calculus, we conducted a second experiment, where we constructed a new indicator based on the above variables. This, which we call the Relevance Indicator, assigns a different intrinsic complexity value for each musical notation element. Finally, it is important to emphasize that the relationship between statistics and music theory is far from having rigorous results, this text reports an approach from the simplest statistics and aims to be part of the integration between this and music theory.

Keywords | music notation, literary review, Music Education, entropy, complexity

Resumo | Este estudo experimental surge da necessidade de valores quantitativos que distingam a complexidade da aprendizagem e da execução dos diferentes elementos da notação musical. Embora a relação entre música e complexidade seja vasta, não existe muita informação sobre modelos de complexidade e notação musical. Mesmo assim, conseguimos conceber um modelo que distingue a Complexidade Intrínseca num grupo de elementos de notação musical da Prática Comum. Uma primeira experiência, realizada num corpus de livros de educação musical (N = 64), permite-nos construir um conjunto básico de itens de notação musical, filtrados a partir do seu enorme conjunto. Esta seleção foi organizada através de duas variáveis: Ordinalidade e Preferência, que é estatisticamente significativa para ser incluída numa medida de complexidade (correlação de Pearson de -0,88; p < 0,001). Com a ajuda de um cálculo de medida de risco de decisão, realizámos uma segunda experiência, onde construímos um novo indicador com base nas variáveis acima referidas. Este, a que chamamos Indicador de Relevância, atribui um valor de complexidade intrínseca diferente para cada elemento da notação musical. Por fim, é importante ressaltar que a relação entre estatística e teoria musical está longe de ser rigorosa, este texto relata uma abordagem a partir da estatística mais simples e tem como objetivo fazer parte da integração entre estatística e teoria musical.

Palavras chave | notação musical, revisão da literatura, educação, entropia, complexidade

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons CC-BY-NC-SA

Introducción

La notación musical, lejos de una construcción ordenada y jerarquizada, deriva de necesidades históricas casuales y usos comunes que la van modificando hasta nuestros días. Por esto, los tipos de notación utilizados que hoy utilizamos son difíciles de definir e identificar de forma sistemática. Estrategias como el MIR (*Music InformationRetrieval*o Recuperación de Información Musical) fallan en encontrar una sistematización ideal para archivar este tipo de datos. Por lo general, se opta por el protocolo MIDI el cual, abstrayendo la notación a eventos de altura y duración, ahorra complicaciones notacionales (Laskowska et al, 2020). Por esto, aunque existe mucha investigación sobre modelos de complejidad y música (Lopes y Tenreiro Machado, 2019; Pease et al, 2018), la relación entre ellos con respecto a la notación musical es escasa. Existen aproximaciones interdisciplinarias que abordan la relación entre procesos bioecológicos y una graficación musical (Angeler, 2020; Chase, 2006), intentos de sistematizar matemáticamente las dinámicas (Lepper et al, 2019) o aproximaciones cognitivas para investigar la facilidad de la lectura (Wong y Gauthier, 2010). Una aproximación notable es la desarrollada por Holder con un proyecto llamado *MusiPlectics* (Holder et al, 2015; Holder, S. F.). En este se propone un método para evaluar la complejidad de una partitura, según elementos de notación escogidos por su autor (basado en su *expertise* al clarinete), con el objetivo de crear una herramienta de valoración musicológica en partituras. Sin embargo, este modelo se sustenta en gran medida en heurísticas subjetivas ynuestro propósito en este estudio es disminuir esta dependencia: Utilizaremos herramientas bibliográficas y estadísticas para construir un modelo que analiza la complejidad sintáctica de la notación, intentando reducir lo más posible el sesgo en la selección de íconos de notación musical y el análisis de su relación.

De la misma forma que los estudios mencionados previamente, utilizaremos notación musical de la llamada Práctica Común (PC). Aquello que llamamos Música Clásica utiliza este modelo de notación musical, también llamada CWMN o *Common Western Music Notation* en inglés (Grier, 2021; Treitler, 1982) y que acompaña un movimiento homónimo marcado por el uso de la tonalidad (específicamente el contraste entre tonalidad mayor y menor) (Checchi, 2008). La PC, entonces, nace con la tonalidad y su desarrollo histórico concluye con la atonalidad (desde Rameau hasta Schoenberg). Sin embargo, su conclusión no marca su desuso; mucha de la música popular utiliza este tipo de notación y las escuelas de música académica (clásica) en todo el mundo la enseñan como base de la escritura musical. Aprender a leer notación musical es un elemento clave en cualquier programa de estudios musicales; al menos en la mayor parte de los conservatorios de Occidente (Gudmundsdottir, 2010) y en estas instituciones se sigue enseñando y evaluando el aprendizaje de la lectura de la notación de la PC.

Ahora, aun habiendo seleccionado un estilo de notación musical y modelos de complejidad aplicables, de toda la inmensidad de símbolos que comprende y sabiendo que la lectura de notación musical es distinta de la literaria, ¿qué es más difícil leer, la altura o el ritmo? Si, a pesar de ser distintas dimensiones, aceptamos que complejidad y dificultad tienen algún tipo de relación, ¿qué elemento de notación musical de la PC es más complejo o difícil de leer, las ligaduras de expresión o las ligaduras de extensión? Creemos que la sistematización, basada en un nuevo modelo de complejidad de la notación musical de la PC, permite formalizar una distinción cuantitativa entre sus elementos; al menos en su dimensión de Complejidad Intrínseca[1]. Creemos, además, que esto tiene implicaciones positivas en la educación musical y estrategias musicológicas que involucran MIR. Con base a lo anterior, hacemos dos tareas o experimentos:

1. Analizamos un conjunto de referencias bibliográficas con las que se enseña notación musical. Gracias al análisis filtramos los elementos de notación de la PC y creamos un subconjunto de clases[2] de notación musical de la PC que se usa normalmente en el siglo XXI. Para realizarlo con rigurosidad, utilizamos herramientas de la estadística descriptiva para crear dos variables que reflejan una forma en la que se relacionan complejidad y dificultad; explicando brevemente las implicaciones de la educación musical en esta relación y

2. Con la ayuda de la estadística inferencial y la evaluación de riesgo en la toma de decisiones, construimos un indicador que refleja una posible distinción entre la complejidad de los elementos de notación musical de la PC. Este valor cuantitativo refleja, de forma rigurosa, la complejidad intrínseca en cada elemento de notación de la PC, previamente filtrado.

El carácter retrolectivo de este ejercicio no debería reflejar al mismo únicamente con una finalidad analítica. Los resultados de este trabajo, como veremos, tienen más de una arista útil y sólo son aplicables a casos donde se enseña notación musical de la forma señalada en los libros de texto más tradicionales. Es decir, modelos de enseñanza en los que se aprenda notación musical fuera de lo común, incluso innovadores, podrían dejarse influir por este texto pero los resultados cuantitativos de este deben ser rediseñados.

Complejidad en notación musical

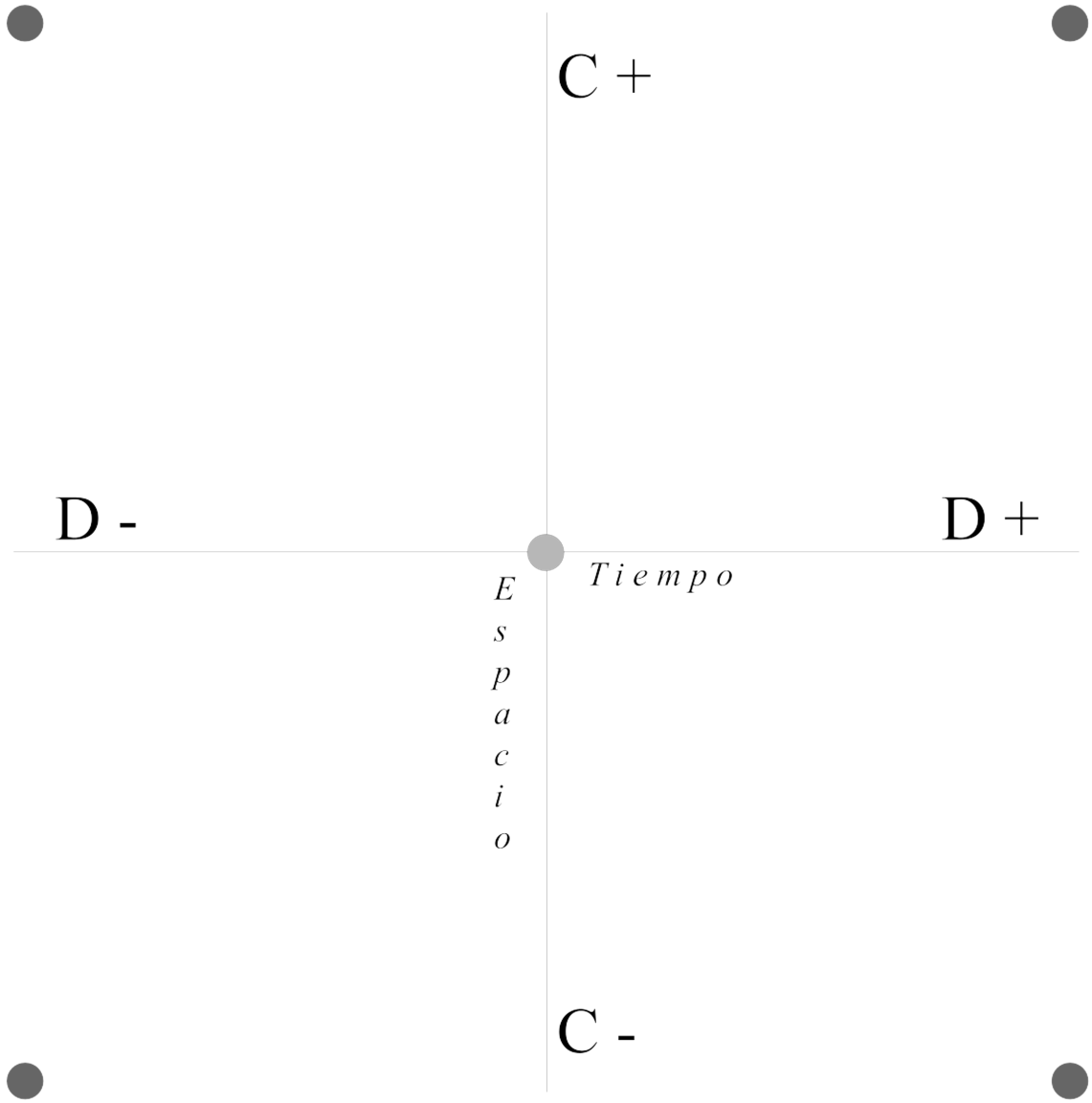
Primero, entendemos la notación como un conjunto de signos icónicos (Schultz, 1998) o indexales (Grier, 2021; que han pasado un filtro histórico y se han convertido en convención notada[3]. Es decir, son comunes en la historia de la música Occidental. Estos elaborados dibujos son susceptibles de ser agrupados en el concepto matemático de clases con el objetivo de organizarlos dependiendo su función, su uso o la forma en que nos es enseñado[4]. Por ejemplo, tenemos la clase Pentagrama (*staff*,en inglés) que denota una serie de líneas paralelas y que tiene la función de ubicar los íconos musicales de altura y ritmo. También tenemos una clase, *altura*, definida dentro de un pentagrama y que tiene la función de indicar el gesto necesario para producir un sonido afinado[5]. Cada una de estas clases tiene una serie definida de transformaciones posibles. Por ejemplo, un pentagrama puede tener una línea o catorce (como en varios ejemplos de escritura musical Medieval), también la clase altura puede tener el conjunto de once afinaciones[6], acompañado de un registro, una alteración de la clase *alteraciones*, un ícono de la clase *dinámica*, etc. Esta categorización, si fuera necesario, podría extenderse basándonos en investigaciones que han modelado la notación musical de otras formas, con otros objetivos (Kurkela, 1989; Lassfolk, 2004).

Por otro lado, incluso el músico con poca educación musical sabe que leer una figura rítmica de (cuarto, negra), no es lo mismo que leer una alteración como un (becuadro) y con esto llegamos al propósito de este trabajo: ¿Cómo distinguir la cantidad de información o complejidad que aporta, distintivamente, cada elemento de la notación musical en la construcción de un gesto?

Un músico profesional conoce y maneja a su voluntad la notación musical; puede leer las diferentes implicaciones e interconexiones que conllevan sus íconos. Al momento de reconocer los elementos escritos puede, según su *expertise*, evaluar el esfuerzo que le llevará interpretarlos. Sin embargo, hay que aclarar de una vez la distinción entre las dimensiones de Complejidad y Dificultad que manejamos en este texto. Gracias a Hattie (2008) y su metaanálisis, sabemos que estas dimensiones, en educación musical, son ortogonales (son proyecciones contrarias) y que, aún si existen concordancias, las diferencias son fundamentales. Por esto, entenderemos *c omplejidad* como el análisis estático y clasificatorio de un estado de elementos (clases de notación musicales dibujados en una partitura) y *dificultad* como una percepción dinámica, que depende varios factores como 1. La exposición ante aquellos objetos y una predicción basada en nuestra experiencia y 2. La evaluación de una tarea realizada.

Figura 1. Relación entre Complejidad y Dificultad.

https://doi.org/10.24215/18530494e081



Reescrito de Hattie (2008), diseño del autor.

Complejidad intrínseca

Siguiendo el trabajo de Galera-Núñez (2010), abordaremos la complejidad a partir de una perspectiva cognitiva y realizaremos una medición de la carga cognitiva intrínseca. Ella nos comenta,

> La carga intrínseca es la que se deriva de la complejidad que la tarea [de lectura musical] en sí requiere para poder resolverla o llevarla a cabo. Está determinada por el número de elementos que han de retenerse simultáneamente en la MT [memoria de trabajo]. Por ejemplo, para aprender a leer una partitura el alumno ha de analizar las notas y la relación que se establece entre ellas, así como otros elementos como su duración. En este caso, cada componente ha de ser tratado de manera individual así

> como en relación con el resto, por lo que se considera que este tipo de tarea representa una interacción alta entre elementos. Este tipo de interacción impone en la MT una carga intrínseca alta. Aún así, la interacción entre elementos no puede ser determinada simplemente por el análisis del material, ya que una interacción entre elementos alta para un alumno, puede ser baja para otro con conocimientos suficientes que permitan que varios elementos simultáneos se procesen como uno sólo (representaciones mentales musicales) (pp. 74–75).

La carga alta o baja que implica percibir e integrar los elementos de la tarea a realizar también representa "el esfuerzo mental requerido por la complejidad estructural y la ejecución de la imagen musical" (Endestad et al., 2020, p. 4). Adaptando el concepto de Galera-Núñez, si los íconos musicales se leen y esto conlleva esfuerzo, mucho del mismo depende de su Complejidad Intrínseca; cuestión que estamos analizando en este texto.

Estudio 1. Filtro de la notación musical de la PC

En este trabajo entendemos que, antes de medir la complejidad de una partitura escrita con notación musical de la PC, es necesario diseñar un modelo que seleccione, de toda la inmensidad de símbolos que componen la notación musical, un grupo característico general (común) de clases a las que se le puedan asignar un valor cuantitativo de complejidad. Este, como ya lo mencionamos, es considerado un tipo ponderación individual que sirve para distinguir la complejidad en cada una de ellas.

Para comenzar esto indagamos en la educación musical. Los músicos sabemos que, desde el momento que comenzamos a aprender música en la escuela, el maestro nos presenta los símbolos musicales, acompañados por el manejo de sus relaciones gramaticales y ortográficas. A su vez, el pedagogo entiende que esta educación está modulada por una relación entre capacidad de aprendizaje y complejidad. Posner (1988) enfatiza que existen dos características que demuestran una relación óptima entre el esfuerzo de aprendizaje y la dificultad de interpretación (de ejecución); cuestión que repercute en la evolución de los lenguajes musicales:

> [...] [1] un balance entre la complejidad del signo y su sistema de reglas sintáctico-semánticas y [2] una jerarquía en los niveles de precisión aplicados en el registro de las numerosas dimensiones de un sonido determinado (p. 903).

Más adelante, profundiza esta relación comentando que,

> [...] los sistemas de escritura tienden a minimizar la cantidad combinada de esfuerzo de aprendizaje y esfuerzo de aplicación logrando un balance apropiado entre la complejidad de los signos utilizados y su sistema de relaciones y reglas sintáctico-semánticas (Posner, 1988, p. 913).

La relación que menciona Posner busca entender la relación óptima que existe entre una demanda cognitiva y su capacidad de representación. Esta relación define muy bien nuestra aproximación conceptual al proceso que combina naturalmente la educación musical y la complejidad de los íconos enseñados. Ahora, esta relación en el aprendizaje de la notación musical es temporal y progresiva; vamos de lo simple a lo complejo y esta relación se encuentra también en otros ámbitos, distintos de la metodología educativa.

La historia de la música revela un desarrollo progresivo de la notación, que parte desde el desprendimiento de dibujos quironímicos en un texto cantado, inicialmente modulado con alturas heredadas de los griegos (l Fradera, s.f.; Posner, 1988; Taruskin, s.f.; Trías, 2010; Williams, 1903).

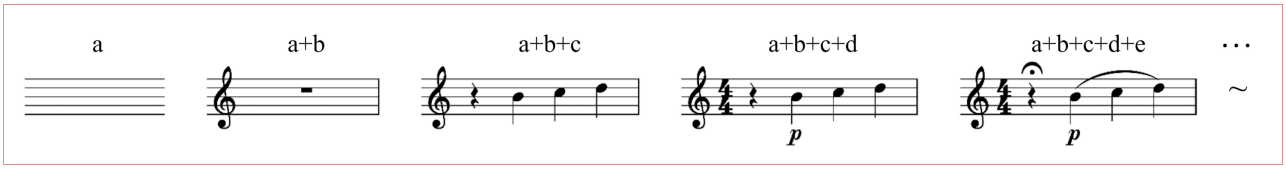
Dentro del diseño de software de transcripción musical la organización del material notacional está jerarquizado, no sólo por su ubicación espacial y temporal, sino también por su función dentro del gesto musical que va de un elemento; que hereda características al siguiente (Gomberg, 1977; Kurkela, 1989; Lassfolk, 2004). Este tipo

específico de software también utiliza la noción matemática de clases para organizar la notación según su complejidad.

Volviendo al enfoque educativo, la forma en que se nos enseña música va determinando la complejidad intrínseca de cada clase de notación. Mediante este valor podemos observar aspectos del proceso con el que vamos imbricando la notación musical en gestos que combinan elementos de diferentes clases de notación musical. Es decir, la forma en la que aprendemos a leer música define la progresiva integración de estímulos gráficos en una unidad gestual (Gehrkens, 1914-2006; l Fradera, s.f.) y como ya vimos en Posner, existe un balance entre la complejidad del signo, su adquisición y ejecución. En Occidente, los maestros parten de segmentar y agrupar la notación musical en categorías, escogiendo un orden específico en su exposición. Es decir, si un educador pretende enseñar todos los elementos básicos de la notación musical escogerá cuáles son importantes y cuáles pueden ser relegados. Luego organizará estos elementos en un orden que considere didáctico.

La secuencia de enseñanza en los elementos notacionales causa que los primeros elementos se vayan sumando progresivamente, hasta que todos estén incluídos en un gesto mecánico y musical. En esta didáctica, la notación musical es secuencial, acumulativa y entrelazada: Un elemento como el pentagrama es expuesto y explicado. Sobre este mismo se va construyendo el elemento siguiente (por ejemplo, las claves) y así sucesivamente. Un diagrama similar, que intuye la forma en que vamos adquiriendo notación musical se encuentra en Kurkela (1989, p. 430). Así mismo, Hilgard y Bower mencionan conceptos cómo *ejercicio* e *intensidad* (1966, pp. 67–68), que describen el proceso acumulativo e imbricado que estamos describiendo.

Figura 2. Descripción gráfica de la evolución del aprendizaje de notación musical.



Diseño del autor.

Análisis bibliográfico

Los maestros de música suelen utilizar libros como base para enseñar la lectoescritura de la notación musical; muchas veces suelen ser ellos mismos los que escriben esos libros dejando constancia de las estrategias que mejor les sirven para este propósito. Sin embargo, esta experiencia varía entre los pedagogos y más aún entre las corrientes pedagógicas que utilizan.[7] Aún más, muchos libros difieren en su propósito metodológico. Se observa fácilmente que algunos se limitan a presentar la teoría musical de la notación y otros pretenden una aproximación activa del lector, asumiendo una práctica de la lectura musical. El análisis sincrónico de ambos tipos de literatura asume que en algún momento fueron aprendizajes secuenciados o actividades separadas bajo un modelo pedagógico. Es decir, para aprender a leer notación musical se debió haber aprendido los dibujos, para luego trasladarlos a la voz o al instrumento. Un acercamiento teórico a la notación musical (como el de Read (1972)) y un acercamiento a la práctica de su lectura (Bernstein y Johnson, 2021) tienen abundantes puntos de conexión, incluso con textos de estilo de escritura (Roemer, 1985). Para lidiar con las divergencias entre ellos, dejamos de lado bastantes publicaciones, basados en una colección de criterios de inclusión y exclusión que veremos más adelante.

Para realizar una combinatoria entre la mayor parte de ellos, recopilamos una serie de libros de educación musical básica, que enseña la lectoescritura de notación musical de la PC en las escuelas de México y América en general. Esta incluye libros de teoría de la música, de solfeo y métodos innovadores basados en la cognición musical. La selección de la muestra tiene el objetivo de trabajar con cómo se enseña la notación musical hoy,

ofreciendo datos de complejidad intrínseca válidos para músicos actuales. Sin embargo, la selección corresponde a un recurso pedagógico y no necesariamente a uno didáctico. Es decir, los elementos que, según cada autor, deberían aprenderse para utilizar la notación musical, no incluyen la propuesta de cómo deben aprenderse. Si en clase utilizamos un componente de repetición, evaluado al final del ciclo con un examen o si utilizamos dinámicas de creatividad con escritura o con animación computacional, son cuestiones que en este momento no vamos a cuantificar. Luego, la recopilación bibliográfica (N = 64, disponible en el Anexo, tabla 3) siguió estos criterios de inclusión y exclusión:

Inclusión. El acopio de referencias se enfocó en textos escritos en español, inglés o portugués.[8] Para textos en inglés fue indispensable que estuvieran registrados mediante ISBN y que tuvieran un mínimo de cincuenta páginas (ver criterios de exclusión). Para los textos en español, se buscó aquéllos que estuvieran consolidados en formato libro, sin ser necesaria su inclusión en algún registro ISBN.

El período de tiempo utilizado es de finales del s. XIX a inicios del XXI lo que, aunque parece bastante tiempo, se limitó a textos que estén incluidos en planes de estudio actuales e institucionales, sumado a las recomendaciones de colegas.[9] La amplitud temporal también responde a que la PC concluye su evolución a principios del siglo XX, con lo que estamos incluyendo lo que en su momento fue la vanguardia en educación musical para este tipo de notación, además de incluir metodologías que se han ido refinando.

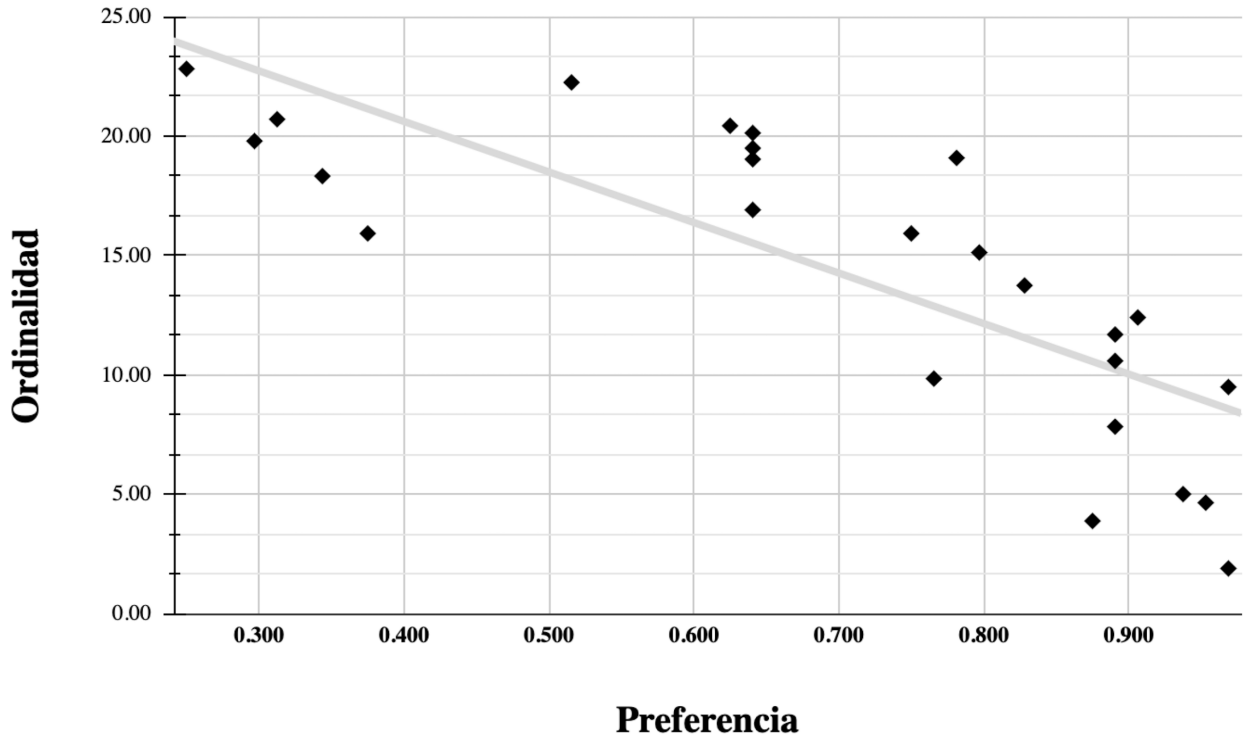
Exclusión. Dejamos de lado los textos de Literatura Gris que, a pesar de ser utilizados por maestros e incluso escritos por ellos, terminan siendo textos que solucionan problemas específicos, un poco lejos del diseño integral para la pedagogía de lectura de notación musical. Siguiendo esta estrategia, dejamos de lado aquéllos que, a pesar de tener más de cincuenta páginas, sólo se enfocan en menos de ocho elementos de notación musical o menos, como suele suceder en algunos textos de solfeo.[10] Finalmente, no incluimos textos en otros idiomas que los mencionados, esperando que la universalidad (Occidental) de la notación musical de la PC evite sesgar información relevante escrita en, por ejemplo, idioma estonio.

Del conjunto de referencias, registramos cada elemento de la notación musical seleccionada presente en el texto y construimos una tabla en la que registramos, secuencialmente, qué clase era descrita en la referencia (variable Preferencia) y en qué orden se enseña (variable Ordinalidad). Al concluir el registro, se hizo una segunda revisión para pasar los datos a un conjunto de académicos que nos aconsejen sobre mejoras y recomendaciones. Concluyendo este proceso, obtuvimos las medias estadísticas para ingresar en las variables.

Resultados

Por un lado, generamos un conjunto de clases de íconos de la notación de la PC, que es el que se enseña normalmente en las escuelas y conservatorios de música hoy: Pentagrama (*staff*), Gran Pentagrama (*staves*), Corchetes (*brackets*), Líneas Adicionales (*ledgerlines*), Claves (*clefs*), Tablatura (*tablature*), Signo de repetición (*repetitionsign*), Tempo, Agógica (*agogic*), Metrónomo (*metronomicmark*), Compás (*time signature*), Equivalencia Rítmica (*rhythmequivalence*), Barra de Compás (*barlines*), Repetición de Compás (*measurerepetition*), Símbolo de Director (*conductor symbol*), Símbolo de Acorde (*chord symbol*), Figura de Duración (*rhythm figure*), Plica (*tails, stems*), Ligadura de Prolongación (*tie*), Ligadura de Fraseo (*slurs*), Puntillo (*augmentationdot*), Grupo Artificial (*tuplets*), Trémolo (*tremolo*), Arpegio (*arpeggio*), Glisando (*glissando*), Vibrato (*vibrato*), Silencio (*rest*), Neuma (*neume*), Altura (*pitch*), Alteración (*accidental*), Armadura (*keysignature*), Voz (*voice*), Movimientos (*steps*), Dinámica (*dynamic*), Articulación: Carácter (*expressionmarks*), Articulación: Signo de Ataque (*attacksign*), Articulación: Signo de Duración (*durationsign*), Adorno u Ornamento (*ornament*), Respiración (*breathmark, pauses*), Calderón (*fermata*), Regulador (*hairpin, wedge*), Signo de 8va. (*8ve. sign*), Intervalo (*interval, degree*).

Figura 3. Relación entre Ordinalidad y Preferencia para los elementos escogidos de la notación de la PC.



Diseño del autor.

A la derecha de la figura vemos una acumulación que describe los elementos más comunes en la didáctica de la notación musical: Son los más elegidos y aparecen al principio de las referencias (Pentagrama, Clave, Figura de duración, Altura, etc.). A medida que nos alejamos, las clases con menos preferencia tienen un ordenamiento más lejano (a la izquierda, Carácter o Agógica, por ejemplo), indicando, mediante una regresión lineal simple, una relación cuasi inversamente proporcional ($r = -0.888$, $gl = 25$, $\square\square = 0.01$, $p < 0.001$)[11].

Sin embargo, aunque tal vez útil en otros ámbitos, el conjunto seleccionado debe filtrarse aún más, ya que existen inconsistencias que sólo los músicos pueden detectar y que son claras en la tabla 1, gracias a nuevos criterios de refinamiento para las clases. Tomando en cuenta las mencionadas estrategias de distinguir y jerarquizar notación musical, ajenas a la metodología pedagógica (historia y arquitectura de software) y basándonos en literatura especializada, mencionada antes (Gomberg, 1977; Kurkela, 1989; Lassfolk, 2004), creamos un nuevo conjunto de criterios que resultan de necesidades de implementación y cálculo matemático.

Tabla 1. Criterios de organización para el conjunto seleccionado de notación musical.

Inclusión	*Exclusión*	*Eliminación*	*Agrupación*
Deben tener un símbolo asociado. Pero no debe tener dos o más al mismo tiempo (ver Síncopa).	Son parte de la escritura idiomática (ver Arcada).	Se mide mejor en densidad de pixeles (Corchetes, Gran Pentagrama, Plica, Agrupación de Plicas).	El mismo grupo de signos utiliza varias notas y depende de contextos de interpretación temporales (ver Adornos).
	Se enseñan pero no son parte de la PC (Tablatura o Articulaciones Históricas)		Muchos integran la misma información (ver Tempo y Carácter).
	Las indicaciones para		Se unieron las

	llevar el Compás (como un director) son recursos didácticos (ver también la notación de respiración en Dalcroze).		Articulaciones de Ataque (ver Acentos) con Articulaciones de Duración (ver Tenuto).

Diseño del autor.

A partir de este segundo filtro, el subconjunto queda en 25 Clases: Pentagrama, Alturas, Clave, Figura de Duración, Silencio, Compás, Barra de Compás, Puntillo, Ligadura de Prolongación, Alteración, Intervalo, Armadura, Signo de 8va., Agrupación Artificial, Calderón, Respiración, Dinámica, Ligadura de Fraseo, Regulador, Articulaciones, Repeticiones Estructurales, Carácter / Agógica, Metrónomo, Adorno, Trémolo.

Discusión

Afortunadamente, este tipo de literatura que enseña notación de la PC, al menos al nivel que delimitamos antes, enseña esencialmente de la misma forma. Los resultados, a pesar de no ser óptimos, resultan significativos si tomamos en cuenta el carácter subjetivo de la muestra. De hecho, aunque el mismo tenga una replicabilidad moderada (R^2 = .789), nos permite intuir que, si escogiéramos otro elemento de la notación musical de la PC para ingresar en este análisis, mostraría una relación inversamente proporcional entre Ordinalidad y Preferencia; estadísticamente significativa en este contexto sesgado.

Es necesario reportar una divergencia notable en cuanto a la prioridad (ordinal) que se le da a la enseñanza de las clases Altura y Figura rítmica; encontramos en la literatura una preferencia casi aleatoria entre el orden en que se enseñan las clases.[12] Finalmente, los resultados dan indicios de un tipo de variable cualitativa ordinal, que responde la descripción del “Principio de jerarquía de precisión” para lenguajes musicales, diseñado por Posner (1988, p. 917) para el que mayor definición de un sonido pretende mayor definición escrita. Este principio también describe cómo las clases de notación que vamos acumulando van siendo más y más especializadas; por tanto, más complejas. En el estudio que sigue continuamos la creación de un valor cuantitativo, similar a este, pero más preciso.

Estudio 2. Indicador de Complejidad Intrínseca

A partir de la relación inversamente proporcional de las variables Ordinalidad y Preferencia, decidimos operacionalizar las variables para obtener un indicador único,[13] que haga referencia a la complejidad intrínseca en cada clase de notación musical. Ahora, ¿cómo realizar esta operación sobre nuestras dos variables? Proponemos, en este caso, hacernos de la llamada Teoría de la Información y de allí, aprovechar el cálculo de entropía que se utiliza comúnmente como indicador de carga informativa (Estrada-García, 2002; Lopes y Tenreiro Machado, 2019; Sayood, 2018). Sabemos que la entropía mide la relación estadística entre densidad y diversidad de información en un mensaje o, en palabras de Xenakis, la relación entre “regularidad” y “orden” (Xenakis, 1992, p. 61). Este cálculo constituye un indicador de complejidad en un mensaje y el valor propuesto puede constituirse como un valor clasificatorio o, como en nuestro caso, un valor de complejidad intrínseca para las clases filtradas de notación musical de la PC. Este valor de complejidad será individual para cada clase de notación y se evaluará según los resultados del análisis literario sumado al estadístico básico, para concluir en una interrelación entre variables de la que podamos obtener ese valor. Es decir, cada clase de notación tendrá un número que es resultado de varios procesos previos y que tiene una relación matemática entre cada una de ellas; el número que corresponde a la clase altura está relacionado con el de dinámica y así con todas.

Para construir la relación entre las variables Ordinalidad y Preferencia que generamos en el experimento anterior podríamos aprovechar los resultados mencionados de modelos de complejidad entre información musical

notacional y entropía de Angeler (2020) y Chase (2006), pero no nos son de utilidad en este contexto. El primero aborda la biodiversidad estadística en una selección de notación musical y el segundo utiliza la notación musical para visualizar la biodiversidad en una población específica. Son modelos que sirven para encontrar formas divergentes de abordar la notación musical, utilizando un enfoque interdisciplinar.

Sin embargo, sí existe un modelo que nos puede ayudar, basado en el análisis de evaluación de riesgo empresarial diseñado por Estrada-García (2002). Este modelo describe dos formas de ponderar decisiones subjetivas de personas entrevistadas y evaluadas para un seguro. Estos modelos que veremos a continuación se utilizan para calcular cuál respuesta es más Sorpresiva o contiene más información que otra:

El *método de la suma ponderada* (Estrada-García, 2002), describe la forma en la que los sujetos asignan más peso a ciertas preocupaciones, con respecto a su importancia en una entrevista. En nuestro caso, en educación musical el maestro decide qué actividad vale más que otra, antes de realizar un promedio. Este promedio sesgado incluye la importancia de cada actividad en la valoración final. La ecuación se describe así,

donde x_{wi}es el valor ponderado $x_i$por w_i (peso de cada elemento), dividido por la suma total de elementos, X. Aplicado a nuestros valores, necesitamos definir heurísticamente la ponderación de las variables Ordinalidad y Preferencia para presentar un valor que de fe sobre la complejidad global. Es decir, necesitamos identificar cuál de las dos es más importante. Para ejemplificar este modelo, entre los autores del texto decidimos darle un 60% a Preferencia y el restante 40% a Ordinalidad.[14]

El *método de entropía* (Estrada-García, 2002) mide la Incertidumbre y Sorpresa (variabilidad subjetiva promedio) a partir de las opiniones de los sujetos. Este cálculo aplica la ecuación de Entropía desde el marco de la Teoría de la Información, aplicando la fórmula que desarrollara Shannon en la década de 1950,

donde el valor esperado E_i en cada respuesta, es resultado de multiplicar la probabilidad de cada elemento x_i por el logaritmo base dos de esa misma probabilidad.[15] En nuestro caso, una vez estimado para cada una de las dos variables, en cada clase de notación, se busca el complemento, llamado por el autor Diversidad y definido por el cálculo

Finalmente, con este procedimiento se obtienen los promedios que sirven para ponderar las entropías individuales en cada clase.

Resultados

Los dos métodos fueron calculados para cada una de las 25 clases del conjunto de notación musical.

Tabla 2. Resultados de los cálculos de ponderación para los elementos de la notación de la PC que serán medidos.

Clase de notación	Suma ponderada	Ponderación entrópica
Pentagrama (*Staff*)	0.025	0.108
Alturas (*Pitch*)	0.027	0.122
Clave (*Clef*)	0.030	0.134
Figura de duración (*Rhythm Figure*)	0.030	0.136
Silencio (*Rest*)	0.034	0.156
Compás (*Time Signature*)	0.038	0.172
Barra de compás (*Barline*)	0.034	0.162
Puntillo (A*ugmentationDot*)	0.038	0.175

https://doi.org/10.24215/18530494e081

Ligadura de prolongación (*Tie*)	0.040	0.182
Alteración (*Accidentals*)	0.042	0.187
Intervalo (*Interval, Degree*)	0.042	0.191
Armadura (*Key Signature*)	0.044	0.197
Signo de 8va. (*8ve. Sign*)	0.035	0.171
Agrupación artificial (*Tuplet*)	0.044	0.198
Calderón (*Fermata*)	0.043	0.196
Respiración (*Breath Mark, Pause*)	0.039	0.181
Dinámica (*Dynamic*)	0.050	0.217
Ligadura de fraseo (*Slur*)	0.047	0.210
Regulador (*Hairpins, Wedge*)	0.040	0.185
Articulaciones (*Articulation*)	0.048	0.213
Repetición estructurales (*Repetitionsign*)	0.049	0.213
Carácter / Agógica (*Agogic*)	0.047	0.208
Metrónomo (*Metronome Mark*)	0.042	0.191
Adorno (*Ornament*)	0.049	0.214
Trémolo (*Tremolo*)	0.044	0.195

Diseño del autor.

Entonces, ¿cuál de los dos modelos utilizar para definir un indicador de Complejidad Intrínseca? Aprovechando de nuevo el trabajo estadístico, decidimos observar qué tan diferentes son los valores de ponderación individual. Para esto utilizamos el cálculo llamado *T de Student* simple y pareado, con el cual se constató que las varianzas son completamente similares (Suma Ponderada tuvo una $\mu = .040$, desvío estándar = .007 y la Ponderación Entrópica una $\mu = .180$ y una d.s. = .021, quedando una $t_{48} = -1.677$ que, con un $\alpha = .05$, se obtiene un valor p = 1.0). De esta forma, del poder del estadístico inferimos que la diferencia entre los modelos es nula y que en nuestro caso, cualquier modelo puede ser utilizado con iguales resultados. Siguiendo las conclusiones de Estrada-García sobre la utilización de la Entropía para insesgar y sabiendo que la Teoría de la Información se puede utilizar para medir la densidad y diversidad de la información (Angeler, 2020; Aurnhammer y Frank, 2019; Estrada-García, 2002; Sayood, 2018), optamos por el modelo de Ponderación Entrópica.

Discusión

Los resultados, provenientes de un análisis bibliográfico, basado en el de Hattie (2008), pero cuyo objetivo es un modelado de complejidad como el de Angeler (2020), permitió realizar un cálculo de complejidad menos sesgado que el de Holder *et al.* (2015). Esto se debió a que utilizamos información previa sin una inclinación instrumental (clarinete) y sin la intención de concluir en un trabajo musicológico de análisis. Los objetivos pedagógicos están orientados a la generalidad de estudiantes, mientras que uno musicológico lo está hacia un corpus de música específico. Además, el análisis estadístico, aunque básico en los dos experimentos, permitió insesgar los resultados un poco más.

Teniendo en cuenta el desarrollo histórico de la notación, su enseñanza en las aulas, las relaciones entre complejidad y dificultad en esto y las implicaciones históricas y computacionales de la notación musical, creamos un modelo de ponderación que, al momento, sólo distingue la cantidad ponderada de información que aporta cada clase individual de notación en un gesto musical; según un resumen de cómo se enseña notación musical de la PC en América.

Conclusiones generales

Desde el primer experimento se desprende que, aunque sólo utilizamos libros de solfeo y teoría, encontramos modelos y estrategias similares para la enseñanza de la notación musical. De nuevo insistimos en que no cuantificamos los procesos de aprendizaje que cada maestro de música aplica en el aula de clase; sólo nos enfocamos en la pedagogía descrita en los libros.

Los resultados obtenidos también corroboran el carácter estático de la notación de la PC; al menos desde el final de su desarrollo. Los criterios de inclusión también podrían haber sido criticados desde la inclusión de tres idiomas distintos en las referencias bibliográficas analizadas. Sin embargo, junto con el valor de correlación en las dos variables, aportan un dato notable: Si integramos referencias bibliográficas de teoría musical y solfeo en otros idiomas, es muy probable que el valor de correlación no cambie de forma significativa, resultando que los indicadores tienen una cualidad global; al menos estadísticamente y con esos criterios de selección de información. El mayor conflicto en la tendencia de las variables queda reflejado en el modelo pedagógico que elige el profesor de música. Podemos ver claramente una clásica distinción que divide a los pedagogos: ¿Empiezo con el ritmo (siguiendo la estrategia Dalcroze o Willems) o con las alturas (como Kodály)?

Por otro lado, gracias a la operacionalización estadística de las variables de Ordinalidad y Preferencia, podemos obtener un valor de ponderación que resulta de una evaluación estadística. Ayudados por modelos de valoración de riesgo que utilizan entropía, tenemos un indicador que puede evaluar la complejidad global de clases de notación musical de la PC. Este puede aprovecharse en actividades de enseñanza musical que no necesariamente fueron tomadas en cuenta para obtener el resultado. Aquel indicador es, pues, un valor útil para continuar con la enseñanza de la notación, como se hace actualmente o para proponer nuevos modelos de aprendizaje; incluso para potenciar modelos alternativos de la enseñanza de notación musical.

Desde el segundo experimento, sabemos que las variables pueden ser operacionalizadas de muchas formas, aún sin modelos como el utilizado. Afortunadamente, todo indica que el proceso de valoración que pondera mediante Entropía es el indicado para realizar este proceso. El indicador resultante de complejidad intrínseca define, como lo hace la Teoría de la Información, la cantidad de información que tiene el mensaje, en nuestro caso, la clase de notación. Reportamos, sin embargo, que con ponderaciones heurísticas de suma ponderada sesgadas en otra dirección, podríamos obtener una diferencia significativa de varianzas; pero en este caso no sucedió así. También reportamos que el conjunto de notación musical seleccionado evalúa sus clases sin tomar en cuenta la complejidad de sus sub-elementos constitutivos. Es decir, Figura de Duración tiene un valor de complejidad intrínseca (.152) que será el mismo para un valores de entero, octavo o sesenta y cuatroavo.[16] Esto último constituye un caso fundamental para la selección de notación musical por parte del pedagogo que, por ejemplo, elige tres claves (sol, fa y do) para enseñar en su clase, dejando de lado un conjunto importante de sub elementos.

Trabajo futuro

Pensamos que sería importante que la selección de libros que fue utilizada en el filtrado pueda ampliarse o modificarse para futuras investigaciones; un sitio en internet de tipo *wiki* podría ser útil para esto. Por supuesto, los criterios de inclusión y exclusión son un tema de gran discusión, que se pueden resolver de otras formas. También se puede ahondar en las herramientas estadísticas, sabiendo de antemano, como lo mencionamos al inicio del reporte, que nunca obtendremos valores sólidos y matemáticamente rigurosos; esto es una condicionante conocida al momento de relacionar música y matemáticas o música, estadística y teoría musical. En un ejemplo claro, la ponderación de subelementos para las clases debería ser distinto: Leer clave de do en primera línea debería ser más complejo y difícil que leer una clave de sol.

Sin embargo, los resultados de estos experimentos bien podrían ser aprovechados por otros pedagogos para la construcción de un sistema pedagógico de lectura de notación musical de la PC, basado en la experiencia recabada; incluso ampliándose a musicogramas, por ejemplo. Como mencionamos en la introducción, no pudimos incluir datos fuera de lo común, provenientes de modelos educativos alternativos. Lo que podemos hacer es que

aquellos mejoren su alcance o puedan modificarse basados en nuestros resultados. Por ejemplo, un modelo que enseñe notación musical para personas invidentes, puede aprovechar estos resultados para ordenar la notación musical de su sistema según nuestros resultados.

Finalmente, como se realiza en algunas metodologías de investigación psicofísica como la SAT (*Speed-AccuracyTradeoff* o compensación entre velocidad y precisión (Chignell et al, 2014), se podría explorar la posibilidad de utilizar Puntajes Z (*Z−scores*) para operacionalizar las variables o ponderar las clases.

Anexos

Tabla 3. Listado de referencias bibliográficas (formato APA), tomadas como referencia para el análisis estadístico.

Referencias
Abromont, C., Montalembert, E. de, Fourquet, P., Oriol, E., y Pauset, B. (2019). *Teoría de la música: Una guía*. Fondo de Cultura Económica.
Aguilar, M. del C. (2012). *Método para leer y escribir música: A partir de la percepción*. Piscis.
Alba, A. (19--). *Teoría musical. Ilustrada con ejemplos de música...* C. Kirsinger & Cia.
Amat Cunnington, C. y Casanova, A. (2010). *Pentagrama lenguaje musical: Iniciación*. Boileau.
Astor, M. (2014). *Solfeo para hoy*. Inédito.
Barreto, I., Lares, V., y Saavedra, R. (1992). *Teoría y entrenamiento musical*. Ministerio de Educación.
Benward, B. y Saker, M. N. (2009). *Music in theory and practice (8th ed)*. McGraw-Hill.
Bernstein, S. (2021). *Music Theory: The Complete Guide to Read, Write and Understand Music from Beginner to Expert—Vol. 1*. Frank Johnson.
Brimhall, J. (1971). *Cuaderno Completo de Teoría*. Hansen House.
Bucher, H. (2014). *Elementos de teoría*. Hannelore Bucher.
Burrows, T. (1999). *How to read music: Reading music made simple*. St. Martin's Press.
Carter, N. (2017). *How to read music: For beginners -- a simple and effective guide to understanding and reading music with ease*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
Chailley, J., Challan, H. y Aymat, C. (2009). *Teoría completa de la música*. Alphonse Leduc.
Conservatorio Chelista Ruiz Casaux. (n.d.). *Teoría y dictado. 1º Dossier Lenguaje Musical*. Conservatorio Chelista Ruiz Casaux.
Cooper, H. (1985). *The basic guide to how to read music*. Putnam Pub. Group.
Cordantonopulos, V. (2002). *Curso de Teoría de la Música*. Inédito.
Cordero, R. (1956). *Curso de Solfeo*. Depto. de Bellas Artes y Publicaciones.
Curwen, J. (2015). *Musical Theory; Seventh Edition*. Sagwan Press.
D'Agostino, A. E. (1968). *Teoria musical moderna completa- dividida en 4 partes*. Melos Ediciones Musicales.
Danhauser, A. (2008). *Teoría de la música*. Melos.
de Rubertis, V. (1978). *Teoría Completa de la Música: Con 312 ejercicios prácticos*. Ricordi Americana.
Ellul, M. (2020). *How to read music in 30 days: Music theory for beginners, with exercises & online audio*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
Eslava, H. (1987). *Método de solfeo completo*. Música Moderna.
Fão, A. (1937). *Teoría Musical 1ª y 2ª partes*. Sassetti.
Feldstein, S. (1982). *Practical theory complete: A self-instruction music theory course*. Alfred Pub. Co.
Forney, K., & Machlis, J. (2011). *The enjoyment of music: An introduction to perceptive listening (11th ed., shorter version)*. W. W. Norton.
González Muñoz, M. T. (2009). *Historia de la Notación Musical Occidental*. Tergon.
Gorow, R. (2011). *Hearing and writing music: Professional training for today's musician*. September Publishing.
Gould, E. (2016). *Behind bars: the definitive guide to music notation*. Faber Music Ltd.
Grabner, H. (2001). *Teoría general de la música*. Akal.
Gutfraind, M. (2012). *Notación musical y teoría musical. Cuaderno de trabajo (Berklee International Network)*. Escuela de Música Contemporánea.
Harnum, J. (2011). *Basic Music Theory: How to Read, Write, and Understand Written Music*. Sol Ut Press.
Herrera, E. (1990). *Teoría musical y armonía moderna*. Vol. I. Antoni Bosch.
Heussenstamm, G. (1987). *The Norton manual of music notation (1st ed)*. W.W. Norton.

Hewitt, M. J. (2008). *Music theory for computer musicians. CourseTechnology*. CENGAGE Learning.
I Fradera, J. J. (2015). *El lenguaje musical*. Ma non troppo.
Károlyi, O. (2012). *Introducción a la música*. Alianza Editorial.
Mayor Ibáñez, A. y Pedro Cursá, D. de. (2012). *Nuevos cuadernos de teoría: Grado elemental, 1*. Real Musical.
McGrain, M. y MacGrain, M. (1966). *Music notation: Theory and technique for music notation*. Berklee Press.
Menozzi, G. (1977). *Método teórico-práctico de lectura musical*. Ricordi.
Michels, U. (1985). *Atlas de música. 1: Parte sistemática. Parte histórica*. Alianza Editorial.
Moncada García, F. (1966). *La más sencilla, útil y práctica teoría de la música*. Ediciones Framong: Musical Iberoamericana.
Moreno, M., y Bellón, S. (2009). *Teoría del lenguaje musical 1er. Curso de grado profesional*. Música Didáctica.
Nickol, P. (2007). *Learning to read music: Make sense of those mysterious symbols and bring music alive*. How To Books.
Núñez, M. J. (1888). *Nociones de teoría musical*. Tipografía Nacional.
Ortiga Belmonte, J., y Barceló Amorós, J. L. (1991). *Teoría de la música: Nivel I*. Piles.
Pedro Cursá, D. de. (1996). *Teoría completa de la música. 1 (3. ed)*. Real Musical.
Pezzuti, T. (1999). *Método teórico práctico para la enseñanza del solfeo.* Ediciones Petier.
Pilhofer, M. y Day, H. (2007). *Music theory for dummies*. Wiley.
Read, G. (1972). *Music notation: A manual of modern practice (2d ed)*. Crescendo Publishers.
Roemer, C. (1985). *The art of music copying: The preparation of music for performance (2nd ed)*. Roerick Music Co.
Schmeling, P. (2005). *Berklee music theory*. Berklee Press; Distribuido por Hal Leonard.
Seguí, S. (1990). *Teoría musical (I).* Unión Musical Ediciones.
Simpson, J. (1900). *Key to 300 Questions on the Grammar of Music*. Augener Ltd.
Surmani, A., Surmani, K. F. y Manus, M. (1998). *Alfred's complete essentials of music theory*. Alfred Publishing Co.
Takesue, S. (2018). *Music fundamentals: A balanced approach (Third edition)*. Routledge.
Taylor, E. R. y Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2002). *La teoría musical en la práctica*. Associated Board of the Royal Schools of Music.
The Associated Board of the Royal Schools of Music. (1958). *Rudiments and theory of music*. The Associated Board of the Royal Schools of Music.
Vega Sestelo, P. de la y García-Palao Redondo, A. (2015). *Teoría del lenguaje musical y fichas de ejercicios: Primer curso de enseñanzas profesionales*. Ediciones Si Bemol.
Vega, C. (1965). *Lectura y notación de la música. Nuevo método abreviado de teoría y solfeo*. El Ateneo.
West, D. (2015). *How to read music: Easier than you think!!! develop the framework and fundamentals on how to read musical notation: an ideal book for music lovers*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
Williams, A. (1984). *Teoría de la música*. La Quena.
Zamacois, J. (2007). *Teoría de la música: Dividida en cursos*. IdeaMúsica.
Zane, M. (1996). *Cómo leer la música*. Editorial De Vecchi.

Diseño del autor.

Tabla 4. Datos originales, previos a la segunda criba; tomados del experimento 1.

Clase de notación	Preferencia	Orden
Pentagrama (*Staff*)	0.969	1.887
Alturas (*Pitch*)	0.875	3.875
Clave (*Clef*)	0.953	4.639
Figura de duración (*Rhythm Figure*)	0.938	5.000
Silencio (*Rest*)	0.891	7.825
Compás (*Time Signature*)	0.969	9.484
Barra de compás (*Barline*)	0.766	9.837
Puntillo (*AugmentationDot*)	0.891	10.579
Ligadura de prolongación (*Tie*)	0.891	11.684
Alteraciones (*Accidentals*)	0.906	12.397
Intervalo (*Interval, Degree*)	0.828	13.736
Armadura (*Key Signature*)	0.797	15.118
Signo de 8va. (*8ve. Sign*)	0.375	15.917

https://doi.org/10.24215/18530494e081

Agrupación artificial (*Tuplet*)	0.750	15.917
Calderón (*Fermata*)	0.641	16.902
Respiración (*Breath Mark, Pauses*)	0.344	18.318
Dinámica (*Dynamic*)	0.781	19.080
Ligadura de fraseo (*Slurs*)	0.641	19.488
Regulador (*Hairpins*)	0.297	19.789
Articulaciones (*Articulations*)	0.641	20.122
Repetición estructurales (*Repetitionsign*)	0.625	20.425
Carácter / Agógica (*Agogic*)	0.641	19.024
Metrónomo (*Metronome Mark*)	0.313	20.700
Adornos (*Ornaments*)	0.516	22.242
Trémolo (*Tremolo*)	0.250	22.813

Diseño del autor.

Tabla 5. Resultados del Método de Suma ponderada (mismas clases de notación musical).

Promedio pref.	**Promedio orden**	***Suma ponderada (MAX)***
0.055	0.005	**0.025**
0.050	0.011	**0.027**
0.055	0.013	**0.030**
0.054	0.014	**0.030**
0.051	0.022	**0.034**
0.055	0.027	**0.038**
0.044	0.028	**0.034**
0.051	0.030	**0.038**
0.051	0.033	**0.040**
0.052	0.035	**0.042**
0.047	0.038	**0.042**
0.046	0.042	**0.044**
0.021	0.045	**0.035**
0.043	0.045	**0.044**
0.037	0.047	**0.043**
0.020	0.051	**0.039**
0.045	0.053	**0.050**
0.037	0.055	**0.047**
0.017	0.055	**0.040**
0.037	0.056	**0.048**
0.036	0.057	**0.049**
0.037	0.053	**0.047**
0.018	0.058	**0.042**
0.029	0.062	**0.049**
0.014	0.064	**0.044**
0.400	*0.600*	*<-- pesos subjetivos*

Diseño del autor.

Tabla 6. Resultados del Método de Ponderación entrópica.

Promedio pref.	**Promedio orden**	**entropía pref.**	**entropía orden**	***ponderación entrópica***
0.055	0.005	0.231	0.040	**0.108**

https://doi.org/10.24215/18530494e081

0.050	0.011	0.216	0.071	**0.122**
0.055	0.013	0.229	0.081	**0.134**
0.054	0.014	0.226	0.086	**0.136**
0.051	0.022	0.219	0.121	**0.156**
0.055	0.027	0.231	0.139	**0.172**
0.044	0.028	0.198	0.143	**0.162**
0.051	0.030	0.219	0.150	**0.175**
0.051	0.033	0.219	0.162	**0.182**
0.052	0.035	0.221	0.168	**0.187**
0.047	0.038	0.208	0.181	**0.191**
0.046	0.042	0.203	0.193	**0.197**
0.021	0.045	0.119	0.200	**0.171**
0.043	0.045	0.195	0.200	**0.198**
0.037	0.047	0.175	0.208	**0.196**
0.020	0.051	0.111	0.220	**0.181**
0.045	0.053	0.200	0.226	**0.217**
0.037	0.055	0.175	0.229	**0.210**
0.017	0.055	0.100	0.231	**0.185**
0.037	0.056	0.175	0.234	**0.213**
0.036	0.057	0.172	0.236	**0.213**
0.037	0.053	0.175	0.225	**0.208**
0.018	0.058	0.104	0.238	**0.191**
0.029	0.062	0.150	0.250	**0.214**
0.014	0.064	0.088	0.254	**0.195**
	entropías	0.982	0.966	
	pesos normalizados	0.355	0.645	*pesos entrópicos no subjetivos*

Diseño del autor.

Referencias

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

Aurnhammer, C., y Frank, S. L. (2019). Evaluating information-theoretic measures of word prediction in naturalistic sentence reading. *Neuropsychologia*, *134*. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107198

Bernstein, S. (2021). *Music Theory: The Complete Guide to Read, Write and Understand Music from Beginner to Expert* (F. Johnson, Ed.).

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

Checchi, E. J. (2008). *La sintaxis de la Práctica Común. Educa*.

Chignell, M., Tong, T., Mizobuchi, S., y Walmsley, W. (2014). Combining speed and accuracy into a global measure of performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *58*(1), 1442-1446. https://doi.org/10.1177/1541931214581301

Endestad, T., Godøy, R. I., Sneve, M. H., Hagen, T., Bochynska, A., y Laeng, B. (2020). Mental Effort When Playing, Listening, and Imagining Music in One Pianist's Eyes and Brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.576888

Estrada-García, J. M. (2002). *Entropía. Asignación de pesos no subjetivos, para la valuación [Tesis de maestría no publicada]*. Instituto Tecnológico de la Construcción.

Galera Núñez, M. D. M. (2010). *Efectos de diferentes variables en la lectura musical cantada [Tesis de doctorado no publicada]*. Universidad de Sevilla.

Gehrkens, K. W. (2006). *Music Notation and Terminology*. The Project Gutenberg.

Gomberg, D. A. (1977). A computer-oriented system for music printing. *Computers and the Humanities*, *11*(2), 63-80. https://doi.org/10.1007/bf02404004

Grier, J. (2021). *Musical notation in the West*. Cambridge University Press.

Gudmundsdottir, H. R. (2010). Advances in music-reading research. *Music Education Research*, *12*(4), 331-338. https://doi.org/10.1080/14613808.2010.504809

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

Hilgard, E. R., y Bower, G. H. (1966). *Theories of learning*. Appleton-Century-Crofts.

Holder, E. (s. f.). *Musiplectics (Musical Complexity Scoring)*. Ethan Holder. http://ethanholder.com/html/MusicScoring.html

Holder, E., Tilevich, E., y Gillick, A. (2015). Musiplectics: computational assessment of the complexity of music scores. *Association for Computing Machinery*, 107-120. https://doi.org/10.1145/2814228.2814243

Kurkela, K. (1989). Score, vision, action. *Contemporary Music Review*, *4*(1), 417-435. https://doi.org/10.1080/07494468900640461

Laskowska, B., y Kamola, M. (2020). Grouping compositions based on similarity of music themes. *PLOS ONE*, *15* (10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240443

Lassfolk, K. (2004). *Music notation as objects*. University of Helsinki Press.

Lepper, M., Oehler, M., Kinzler, H., y Trancón y Widemann, B. (2019). Diminuendo al bottom—Clarifying the semantics of music notation by re-modeling. *PLOS ONE*, *14*(11). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224688

Lopes, A. M., y Tenreiro Machado, J. A. (2019). On the Complexity Analysis and Visualization of Musical Information. *Entropy*, *21*(7). https://doi.org/10.3390/e21070669

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

Posner, R. (1988). Balance of complexity and hierarchy of precision: Two principles of economy in the notation of language and music. En M. Herzfeld y L. Melazzo (Eds.), *Semiotic Theory and Practice*. De Gruyter Mouton. https://doi.org/https://doi.org/10.1515/9783110868883-093

Prince, J. B., Thompson, W. F., y Schmuckler, M. A. (2009). Pitch and time, tonality and meter: How do musical dimensions combine? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *35*(5), 1598-1617. https://doi.org/10.1037/a0016456

Read, G. (1972). *Music notation: A manual of modern practice*. Crescendo Publishers.

Roemer, C. (1985). *The art of music copying: The preparation of music for performance*. Roerick Music Co.

Sayood, K. (2018). Information theory and cognition: A review. *Entropy*, *20*(9). https://doi.org/10.3390/e20090706

Schultz, M. (1998). La notación musical desde la perspectiva semiótica. *Arte e Investigación*, *2*(2), 44-47.

Treitler, L. (1982). The Early History of Music Writing in the West. *Journal of the American Musicological Society*, *35*(2), 237-279. https://doi.org/10.2307/831146

Trías, E. (2010). *La imaginación sonora. Argumentos musicales*. Galaxia Gutenberg.

Williams, C. F. A. (1903). *The Story of Notation*. Walter Scott Publishing Company.

Wong, Y. K., y Gauthier, I. (2010). Holistic processing of musical notation: Dissociating failures of selective attention in experts and novices. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *10*(4). https://doi.org/10.3758/cabn.10.4.541

Xenakis, I. (1992). *Formalized music: Thought and mathematics in composition*. Pendragon Press.

Notas

1 Aunque definimos el concepto más adelante, inicialmente “La carga intrínseca es la que se deriva de la complejidad que la tarea [de lectura musical] en sí requiere para poder resolverla o llevarla a cabo.” (Galera-Núñez, 2010, p. 74).

2 Con el término clases nos referimos a elementos de notación musical. Ya que haremos un filtro estadístico, creemos conveniente utilizar el término matemático y no el uso común.

3 Los autores convienen en que también la mayor parte de los elementos sígnicos son signos simbólicos. La mención de esta distinción nos sirve simplemente para entender que son estímulos visuales, enmarcados en numerosas teorías.

4 El concepto de clases es utilizado frecuentemente por la Teoría de la Información (sobre la que ahondamos más adelante) y es útil para organizar información en conjuntos (Lassfolk, 2004).

5 Aunque la noción de gesto es polisémica, nos estamos refiriendo a la combinación de varios estímulos notacionales en unidad que tiene como objetivo la producción de una textura sonora más o menos definida por aquella combinación de dibujos.

6 Doce según la clásica fórmula en la que se aplica la 12aba. raíz de 2 para cada tono igualmente temperado.

7 Algunos, durante el siglo XX prefirieron enseñar música modificando la notación musical (como los signos de respiración en Dalcroze) o incluso enseñar música sin utilizar notación, tomando inspiración de las prácticas en muchas culturas musicales del mundo, que hacen música sin ella.

8 El último idioma corresponde a que también buscamos textos utilizados en Latinoamérica y Brasil.

9 Como mencionamos al inicio, el sesgo es inevitable en este tipo de estudios. Tres de los autores pertenecemos a la UNAM y la última a la Universidad de Sevilla, conocemos bien los planes de estudio de nuestra y otras instituciones de educación musical.

10 Sabemos que, si queremos realizar un análisis estadístico con las distintas clases de notación musical, necesitamos literatura que aborde un mínimo estimado.

11 De nuevo indicamos el carácter suficientemente riguroso para un estudio de este tipo. Esta regresión lineal indica una correlación entre las variables bastante fuerte, asumido el sesgo del tipo de datos ingresado. A su vez, según el Coeficiente de Determinación R^2, basado en esta regresión, indica que si ingresamos una referencia literaria nueva al sistema y hacemos el mismo análisis de sus clases de notación, tendríamos un 0.789 % de probabilidad de ubicar sus clases en el mismo lugar.

12 Esto podría responder a un clásico dilema de la investigación en cognición musical, referente a las dimensiones de altura y ritmo (Prince et al, 2009).

13 La operacionalización implica unir las variables de algún modo, con el objetivo de acceder a ellas de forma sistemática. En estadística, los índices se obtienen de indicadores, resultado de combinar un número de variables para obtener un sólo valor.

14 Inicialmente se considera la ponderación basados en la intuición y nuestro expertise como educadores.

15 Cuando se generó la primera fórmula de Entropía, la base dos aglomeraba las posibilidades de verdad o falsedad en un mensaje. Hoy se utilizan otras bases, cada una con un objetivo distinto.

16 Podríamos, como Holder et al. (2015), realizar una factorización que modifique el indicador. Por ejemplo,

https://doi.org/10.24215/18530494e081

podríamos decir que para Figura Rítmica, la que sea utilizada como marca metronómica puede ser la referencia y cualquier figura que encontremos, divida o multiplique el indicador para este elemento (.152). En una partitura con la □ = 60, la aparición de una figura de cuarto tendrá un valor .152 y un octavo el doble o .304 (de complejidad). Sin embargo, estaríamos involucrando mucha información semántica, que puede volver a confundir la distinción entre complejidad y dificultad. Además tampoco tendría mucho sentido, ya que estaría sugiriendo que un octavo es más complejo que una barra de compás (.168). Sin embargo, sí se podría tomar como referencia la indicación de compás, en vez de la metronómica, pero para esto necesitamos más investigación.