

VII Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología  
XXII Jornadas de Investigación XI Encuentro de Investigadores en Psicología del  
MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos  
Aires, 2015.

## **Cognición y expectación musical: ¿algoritmos o heurísticos?.**

Kristop, Carlos A., Moreno, Santiago J.,  
Ramallo, Hernán D. y Anta, J. Fernando.

Cita:

Kristop, Carlos A., Moreno, Santiago J., Ramallo, Hernán D. y Anta, J. Fernando (2015). *Cognición y expectación musical: ¿algoritmos o heurísticos?. VII Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXII Jornadas de Investigación XI Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-015/41>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/epma/yMB>

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

# COGNICIÓN Y EXPECTACIÓN MUSICAL: ¿ALGORITMOS O HEURÍSTICOS?

Kristop, Carlos A.; Moreno, Santiago J.; Ramallo, Hernán D.; Anta, J. Fernando  
Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Argentina

---

## RESUMEN

Una idea fuerza en psicología es que la cognición opera mediante algoritmos; esto es, sobre descripciones y mecanismos computacionales complejos y exhaustivos. Alternativamente, se ha propuesto que funciona mediante heurísticos; esto es, mediante reglas de procesamiento simplificadas, más sencillas, pero aun así efectivas. En el presente estudio se examinó en qué medida uno u otro es el caso en una tarea de expectación melódica. Los resultados sugieren que las expectativas de los oyentes surgen de heurísticos más que de algoritmos, y que de hecho aquellos pueden subsumir a estos. El aporte de estos resultados para la psicología de la música y para la psicología general se discuten brevemente.

## Palabras clave

Algoritmo, Heurístico, Cognición, Musical, Expectativas

## ABSTRACT

MUSIC COGNITION AND EXPECTATION: ALGORITHMS OR HEURISTICS? A strong claim in psychology is that cognition works through algorithms; that is, by means of complex descriptions and exhaustive computations. However, it has also been claimed that it works through heuristics; that is, by means of more simple computations that, this notwithstanding, are serviceable. The present study examined which of these claims is more plausible (or how plausible they are) in the context of melodic expectation. Results suggest that listeners' expectations emerge from heuristics, rather than algorithms, and also that the former subsume the latter. The importance of these results for music psychology in particular, and for psychology in general are discussed shortly.

## Key words

Algorithm, Heuristic, Music, Cognition, Expectation

## Algoritmos y heurísticos en perspectiva

Usualmente se asume que para opinar o proceder sobre un tema uno recolecta y atiende a toda la información disponible, o que a mayor información disponible más acertado será el juicio o la decisión. Supóngase que una persona considera asistir a un concierto: para decidirse, le sería útil conocer al compositor, su obra, las obras que se tocarán en el concierto, la similitud entre estas obras y otras de su predilección, etc.; asimismo le sería útil informarse sobre dónde se realizará el concierto, su duración, cuánto costará la entrada, etc. Ahora bien, cuando uno considera ir a un concierto, ¿dispone de información sobre todas estas cuestiones? Y ¿atiende a todas ellas? No necesariamente. La decisión podría motivarse en dos o tres cuestiones: podría ser suficiente saber que se interpretarán obras de un compositor consagrado, o alguna pieza 'conocida'. Y hay cuestiones a las que puede no atenderse: por ejemplo, si el compositor no es reconocido difícilmente se corrobore si hay entradas disponibles. Esto pone de manifiesto dos modos de pensar y proceder que las

personas pueden poner en juego al momento de actuar, uno más complejo e 'informado', y otro más simple y de coyuntura: el primero se basa en algoritmos, el segundo en heurísticos.

La distinción entre algoritmos y heurísticos creció fundamentalmente en torno al estudio del razonamiento y la toma de decisiones (en situaciones como la ejemplificada recién), desde una perspectiva económica.

En este contexto, tradicionalmente se consideró que el modo en que las personas proceden sigue un patrón racional (racional decision making) informado por criterios de costo/beneficio y orientado al logro de objetivos. Los 'cálculos' mentales involucrados en dicho proceder se conocen como 'algoritmos cognitivos'. Estos se caracterizan por incluir toda la información disponible, sopesada mediante métodos equivalentes (description invariance), y criterios computacionales lógicos. Supuestamente, garantizan un juicio acertado, o la consecución de la meta. Sin embargo, las personas no siempre proceden racionalmente—por caso, nuestro asistente al concierto pueden gastar bastante dinero en la entrada aun cuando le toque ubicarse lejos del escenario, y en medio de una multitud bulliciosa. De hecho, según argumentó Simon (1955), en situaciones reales incluso pueden ser incapaces de computar todas las variables que tienen a disposición: por ello, concluyó, a veces proceden mediante computaciones simplificadas que, aún así, resultan esenciales para el éxito—efectivamente, nuestro asistente al concierto pudo perderse una experiencia fabulosa de haberse preocupado por cómo pagar la entrada, el amontonamiento de gente, etc. Simon (1957) acuñó el término 'racionalidad limitada' (bounded rationality) para referirse a la 'lógica' que subyace a tal proceder; las computaciones simplificadas, por su parte, se conocen hoy como 'heurísticos cognitivos' (ver también Simon, 1979; Shafir, 1999).

En el ámbito de la economía, los heurísticos fueron vistos sobre todo como sesgos que llevan a error en la toma de decisión. En el ámbito de la psicología, sin embargo, y ya desde sus inicios, han sido vistos como 'atajos mentales' o 'soluciones aproximadas' que, pese a ello, aún son eficientes (Marsh et al., 2004; para una breve revisión en castellano del tema, ver Cortada de Kohan, 2008). Su eficiencia sería tanto 'cognitiva' como 'pragmática'.

Según Marsh y colaboradores (2004), los heurísticos tienen dos cualidades que los hacen cognitivamente (más) eficientes: i) son austeros en términos computacionales (i.e., involucran pocos cómputos), por lo que, comparados con los algoritmos, consumen menos recursos; y ii), son veloces o de rápida aplicación, lo cual desde una perspectiva ecológica (i.e., pensando en situaciones reales, donde suele haber limitaciones de tiempo concretas) siempre es preferible.

Luego, en términos pragmáticos, son eficientes porque suelen promover juicios acertados. Es que así como la racionalidad limitada no es irracionalidad (Gigerenzer, 1997), los heurísticos no son meros sesgos que conducen a error, sino soluciones sencillas que suelen ser acertadas (Marsh et al., 2004). El objetivo general de este trabajo fue examinar si este tipo de soluciones sencillas también se aplican en la cognición musical, esto es, cuando los oyentes se

enfrentan ante dilemas que demandan juicios musicales.

### Algoritmos y heurísticos en música

La idea de que la cognición musical se basa en algoritmos tiene una extensa tradición en el ámbito de la psicología de la música. Diversos algoritmos se han propuesto para describir funciones como la identificación de la tonalidad (Krumhansl, 1990; Temperley, 2007), la estimación de la tensión tonal (Lerdahl & Krumhansl, 2007) o el modo en que esta incide en los juicios de similitud y memoria (Tillmann et al., 2000), la percepción rítmica y la inferencia métrica (Desain, 1992; Lerdahl & Jakendoff, 1983), e incluso la percepción de la textura (Fessel, 1996).

Como contrapartida, la idea de que la cognición musical se basa en heurísticos es más novedosa, y menos explorada. Los antecedentes más concretos se centran en el estudio de la expectación musical, en el dominio melódico.

En el presente trabajo también nos centraremos sobre este tema. La expectación es un componente clave de la escucha musical. Poder anticipar el curso de una pieza permite comprenderla: si nada es como se prevé, la música se vuelve 'incomprensible' (i.e., carece de 'significado'—o da lo mismo que ocurra cualquier cosa).

También permite estar preparado para responder afectivamente a ella: hay cierto placer estético en el acierto de la previsión, y sorpresa e incluso displacer (o 'tensión') en el desacierto. Así, las expectativas regulan los modos en que los oyentes comprenden y aprecian la música (Meyer, 1956; Huron, 2006).

Ahora bien, la pregunta es, ¿cómo hacen los oyentes para anticipar el curso musical? O en lo que al presente estudio se refiere, ¿cómo anticipan el curso de una melodía?

Diversos estudios proponen que la anticipación es de naturaleza algorítmica. Por ejemplo, se ha propuesto que la previsión de una nota u otra depende de un algoritmo que estima la frecuencia de ocurrencia de cada una de ellas en contextos similares (e.g., Temperley, 2008). Alternativamente, se propuso que lo que se computa son las frecuencias de intervalos (i.e., de las 'distancias' entre notas en el registro), o ambas cosas a la vez (Pearce & Wiggins, 2006).

Se ha propuesto también que lo que se computa son diferencias de 'expectancia' entre candidatos (notas) probables (Larson, 2004). En cualquier caso, las expectativas que resultan de estos algoritmos pueden explicarse en términos de heurísticos. Por caso, en repertorios diversos los intervalos pequeños (e.g., de 1 o 2 semitonos) son más frecuentes que los grandes (Huron, 2001), por lo que en vez de computar para cada pieza la ocurrencia de notas o intervalos, el oyente puede simplemente prever que la nota siguiente estará próxima en el registro a la que acaba de escuchar: este heurístico de 'proximidad' es mucho más simple (o 'austero') y de más rápida aplicación (o 'veloz') que un cómputo de probabilidades reales; de hecho, prácticamente no requiere del 'esfuerzo' de examinar el material musical (más allá de atender a cuál es su nota actual).

### Algoritmos y heurísticos musicales bajo la lupa

El objetivo específico del presente estudio fue contrastar tres algoritmos de expectación melódica con sus 'contrapartidas' heurísticas. Los algoritmos examinados fueron el de la 'frecuencia (de ocurrencia) de las notas' (FoN), el de la 'recencia' (Re), y el de la 'frecuencia (de ocurrencia) de los intervalos' (Fol). FoN es un algoritmo según el cual los oyentes esperan más una nota cuanto más frecuente es: la complejidad de este algoritmo estriba en la necesidad de computar todas las notas, y conservarlas en la memoria. Re es un algoritmo según el cual los oyentes esperan más una nota cuanto más reciente es: su complejidad se deriva básicamente de

los recursos de memoria que demanda.

Según el tercer algoritmo, Fol, los oyentes anticipan una nota u otra en función de los movimientos melódicos frecuentes: la complejidad de este algoritmo es, creemos, mayor que la de los otros, pues demanda computar tanto las notas como la distancia que hay entre ellas.

Como se mencionó en el párrafo anterior, diversos estudios examinaron la validez de estos algoritmos, documentando su eficiencia para describir expectativas melódicas (e.g., Tillmann et al., 2000; Pearce & Wiggins, 2006). Los heurísticos examinados fueron el de 'proximidad' (Pr) arriba comentado, el de 'dirección en el rango' (DR), y el de 'jerarquía tonal' (JT). Pr fue teorizado por Huron (2006), y su validez puede rastrearse más atrás (e.g., Carlsen, 1981; Schellenberg, 1997). Según DR, los oyentes simplemente esperan que la melodía se mantenga en el registro establecido (esto es, entre las notas más aguda y más grave presentadas). Este heurístico fue sugerido en uno de nuestros trabajos (Anta, 2013). Sin embargo, teorizaciones previas (ver von Hippel y Huron, 2000; cf. Huron, 2006) también le dan soporte. La ventaja de DR es que permite anticipar la dirección de la melodía sin necesidad de precisar qué nota ocurrirá, y sin computar sus intervalos (como hace el algoritmo Fol). La jerarquía tonal, por su parte, refiere a la sensación de estabilidad que generan las notas según el contexto tonal (i.e., según la tonalidad de la pieza). La idea de que esta jerarquía funciona (o se determina) heurísticamente también fue sugerida en nuestro trabajo previo en el tema (Anta, 2013). De hecho, otros estudios proponen que funciona algorítmicamente, y que puede reducirse al algoritmo FoN (Temperley & Marvin, 2008), o a una combinación entre este algoritmo y Re (Tillmann et al., 2000).

En nuestro estudio previo (Anta, 2013) encontramos evidencia de que este no sería el caso. En el presente estudio reevaluamos una y otra posibilidad. Materiales y método Para evaluar y comparar los algoritmos y heurísticos mencionados, seleccionamos 6 breves fragmentos de melodías del repertorio 'clásico' tonal; estas fueron interrumpidas antes de sus finales de grupo, sobre notas tonalmente inestables (i.e., que no pertenecían al acorde de tónica).

Luego, a cada fragmento le agregamos 25 notas de finalización, de a una por vez; estas 25 notas eran todas las posibilidades cromáticas contenidas en un ámbito de 2 octavas centradas en la última nota de cada fragmento.

Finalmente, solicitamos a un grupo de músicos (con 3 o más años de educación musical formal) que juzgaran cuán bien (en una escala de 1—nada bien— a 10—muy bien—) les parecía que uno u otro fragmento terminaba con una u otra de las 25 notas propuestas.

El supuesto de este diseño experimental es que los juicios de los oyentes reflejan sus expectativas de estabilidad y cierre melódico (ver Schellenberg, 1996).

Participaron del estudio 8 músicos, quienes realizaron la tarea solicitada en sesiones individuales. Los materiales (fragmentos, notas de finalización) fueron secuenciados en formato MIDI, convertidos a MP3, y reproducidos mediante ordenador por auriculares. El orden de los fragmentos y las notas de terminación fue aleatorio y diferente para cada participante. Cada sesión experimental (i.e., donde escuchaban los 6 fragmentos comentados) era precedida por una sesión de 'entrenamiento', donde los participantes escuchaban otro fragmento con sus notas de terminación, comprobaban cómo era la metodología del estudio, y hacían preguntas de ser necesario.

### 1 Análisis y resultados

Las respuestas de los participantes fueron promediadas y analizadas mediante regresiones lineales. En estos análisis se examinó

en qué medida sus juicios podían ser predichos o explicados por un modelo 'algorítmico' y uno 'heurístico', compuestos por los tres algoritmos y los tres heurísticos arriba detallados, respectivamente. La cuantificación de los heurísticos fue la utilizada en nuestro estudio previo (ver Anta, 2013).

Los algoritmos, por su parte, fueron codificados en función de los materiales melódicos utilizados aquí (e.g., FoN fue cuantificado como la frecuencia de ocurrencia de cada una de las 25 notas de finalización en los fragmentos de prueba). La tabla 1 resume los resultados de estos análisis.

Como puede observarse, el R2 ajustado del modelo heurístico fue mayor que el del algorítmico. (Sintéticamente, esta medida indica la proporción de variación en los datos que cada modelo explica: a mayor R2, mayor poder explicativo/predictivo, y viceversa).

Este resultado sugiere que las expectativas de los oyentes se generaron más heurísticamente que de manera algorítmica. Esto es, que el modelo heurístico explica mejor los juicios de los oyentes que el modelo algorítmico.

El otro resultado importante mostrado en la Tabla 1 es que todos los heurísticos examinados fueron significativos. Ello indica su validez psicológica.

Tabla 1. Resultado de los análisis de regresión lineal

	Modelo heurístico	Modelo algorítmico	Modelo algorítmico-revisado
R <sup>2</sup> ajustado	.537	.361	.441
Beta	Pr = .42***	FoN = .40***	FoN = .39***
	DR = .31***	Fol = .14*	Fol = .12i
	JT = .55***	Re = .22*	Re = .35***

Nota: Pr = Proximidad; DR = Dirección en el rango; JT = Jerarquía tonal; FoN = Frecuencia (de ocurrencia) de las Notas; Fol = Frecuencia (de ocurrencia) de los Intervalos; Re = Recencia.

\*\*\*p < .001, \* p<.05; i p = .064

Ahora bien, es importante reexaminar la idea de que el modelo heurístico fue mejor que el algorítmico.

Uno podría preguntarse si la idea de que 'es mejor' implica que aquel subsume a este: es decir, si el modelo heurístico explica todo lo que explica el modelo algorítmico, o si pasa algo por alto. Para examinar este punto, calculamos los residuos del modelo heurístico y los regresamos sobre el modelo algorítmico: si algo pasó por alto el modelo heurístico que el modelo algorítmico podía capturar, este análisis debía arrojar resultados significativos. Sin embargo, no fue así (R2 ajustado = .007, p = .26). De manera interesante, en el caso inverso los resultados sí fueron significativos: esto es, una vez calculados los residuos del modelo algorítmico, el modelo heurístico pudo explicar una proporción significativa de su variación (R2 ajustado = .163, p < .001).

En síntesis, estos análisis informaron que el modelo heurístico no sólo explicó mejor los juicios de los oyentes, sino que además subsumía completamente al modelo algorítmico. Ello indica que si bien los heurísticos y algoritmos aquí examinados no son contrapartidas unos de otros, si están íntimamente relacionados, al punto de que aquellos pueden reemplazar a estos. La última serie de análisis examinó la posibilidad de que el modelo algorítmico no haya sido (tan) eficiente por no haberse estimado bien sus algoritmos.

Sobre este punto, uno podría argumentar que los oyentes no derivan las probabilidades de ocurrencia de las notas para una pieza a partir de dicha pieza únicamente-o menos aún a partir de un breve fragmento, como los utilizados aquí. Efectivamente, estudios pre-

vios sugieren las inferencias probabilísticas para una pieza tonal se derivan del aprendizaje sucesivo de las distribuciones típicas de notas e intervalos en las piezas tonales escuchadas con anterioridad. Las estimaciones de probabilidades se almacenarían en la memoria, ajustándose con cada nueva pieza, pero sin limitarse a ella (Tillmann et al., 2000; Pearce & Wiggins, 2006). Atentos a esta posibilidad, reemplazamos las cuantificaciones de FoN y de Fol por otras que contenían información de más de una pieza o fragmento, respectivamente. (Re no fue reemplazado porque sus predicciones son específicas para cada secuencia). FoN fue reemplazado por la distribución de los grados de la escala en un conjunto de obras del repertorio tonal determinada por Temperley (2008): esta distribución indica la proporción que suele haber, dada una pieza tonal, de notas 'tónica', de las restantes notas que confirman el acorde de tónica, etc. Fol fue reemplazado por la distribución de los intervalos en el conjunto de fragmentos utilizados en el estudio.

Los resultados de estos análisis también se sintetizan en la Tabla 1-columna a la derecha. El punto importante aquí es que, pese a la mayor 'complejidad' (i.e., al mayor monto de información) del 'modelo algorítmico-revisado', su desempeño también fue inferior al del modelo heurístico. De hecho, calculados los residuos de uno y otro modelo, nuevamente observamos que el modelo heurístico predecía todo (y más que) lo que predecía el modelo algorítmico-revisado (R2 ajustado = .161, p < .001), mientras que lo contrario no era el caso (R2 ajustado = .014, p = .16). Esto es, el modelo heurístico también subsumió al modelo algorítmico-revisado.

## Conclusiones

En el presente estudio se examinó en qué medida la expectación melódica puede entenderse como una actividad basada en algoritmos o heurísticos. Los resultados fueron sumamente coincidentes, dando soporte a esta última opción: los juicios de los oyentes fueron predichos mejor por un modelo basado en heurísticos que por modelos basados en algoritmos. De hecho, el modelo heurístico subsumió a los dos modelos algorítmicos examinados, pese a su simplicidad. Creemos que es un aporte del presente estudio el haber documentado evidencia que de soporte a los heurísticos examinados. En este sentido, el aporte estribaría en contribuir a determinar cuáles son efectivamente los heurísticos que guían la audición musical: sólo en la medida en que estos heurísticos se detecten y formalicen adecuadamente podrá justipreciarse su valor. Finalmente, creemos que otro aporte, quizás más importante por las implicancias que tiene para la psicología de la música en particular y para la psicología en general, es haber contrastado directamente modelos cognitivos basados en heurísticos y algoritmos.

Este contraste directo no es habitual en la literatura. Sin embargo, también es necesario para determinar en qué medida uno u otro dominio cognitivo opera algorítmicamente o de manera heurística.

## NOTAS

1. Cabe señalar que las sesiones experimentales contenían otras actividades además de las detalladas, destinadas a evaluar hipótesis que exceden a este trabajo; sin embargo, creemos que esas actividades no afectan los resultados aquí informados. En cualquier caso, la totalidad del método experimental será reseñada y discutida brevemente en el marco del congreso.
2. Es interesante señalar que, analizados los datos de cada participante individualmente, el segundo peor desempeño del modelo heurístico ocurrió con un sujeto que recurrentemente pedía más tiempo para emitir sus juicios: ello sugiere que su proceder no fue tan 'heurístico' como el de los otros participantes, y explicaría por qué el rendimiento del modelo fue relativamente bajo. Asimismo, y aunque el estudio no fue diseñado para ello, examinamos qué relación había entre la nota que realmente ocurrían en cada fragmento luego de la interrupción, los juicios de los oyentes para dichas notas, y las expectativas predichas por cada modelo. El punto interesante aquí fue que para 5 de esas 6 notas los juicios de los oyentes fueron más parecidos a las predicciones del modelo heurístico que a las del algorítmico. Esto sugiere que de haber puesto a los oyentes a 'adivinar' (i.e., inferir) qué nota ocurría luego en cada pieza, el modelo heurístico hubiese sido más eficiente que el algorítmico para describir sus conjeturas.

## REFERENCIAS

- Anta, J. F. (2013). Exploring the influence of pitch proximity on listener's melodic expectations. *Psychomusicology*, 23, 151-167.
- Carlse, J. C. (1981). Some factors which influence melodic expectancy. *Psychomusicology*, 1, 12-29.
- Cortada de Kohan, N. (2008). Los sesgos cognitivos en la toma de decisiones. *International Journal of Psychological Research*, 1, 68-73.
- Desain, P. (1992). A (de)composable theory of rhythm perception. *Music Perception*, 9, 439-445.
- Fessel, P. (1997). Hacia una caracterización formal del concepto de textura. *Revista del Instituto Superior de Música*, 5, 75-93.
- Gigerenzer, G. (1997). Bounded rationality: models of fast and frugal inference. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 133, 201-218.
- Huron, D. (2001). Tone and voice: A derivation of the rules of voice leading from perceptual principles. *Music Perception*, 19, 1-64.
- Huron, D. (2006). *Sweet anticipation: Music and the psychology of expectation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Krumhansl, C. L. (1990). *Cognitive foundations of musical pitch*. New York: Oxford University Press.
- Larson, S. (2004). Musical forces and melodic expectations: Comparing computer models and experimental results. *Music Perception*, 21, 457-498.
- Lerdahl, F. L., & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. Cambridge MA: MIT Press.
- Lerdahl, F. L., & Krumhansl, C. L. (2007). Modeling tonal tension. *Music Perception*, 24, 329-366.
- Longuet-Higgins, H. C., & Lee, C. S. (1982). The perception of musical rhythms. *Perception*, 11, 115-128.
- Marsh, B., Todd, P. M., & Gigerenzer, G. (2004). Cognitive heuristics: Reasoning the fast and frugal way. En J. P. Leighton & R. J. Sternberg (Eds.), *The nature of reasoning* (pp. 273-287). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and meaning in music*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pearce, M. T., & Wiggins, G. A. (2006). Expectation in melody: The influence of context and learning. *Music Perception*, 23, 377-405.
- Schellenberg, E. G. (1996). Expectancy in melody: Tests of the implication-realization model. *Cognition*, 58, 75-125.
- Shafir, E. (1999). Economics and Cognitive Science. In R. Wilson & F. Keil (Eds.), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences* (pp. 259-261). MA: MIT Press.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Simon, H.A. (1957). *Models of man: Social and Rational*. New York: John Wiley and Sons.
- Simon, H.A. (1979). *Models of thought*. New Haven: Yale University Press.
- Temperley, D. (2008). A probabilistic model of melody perception. *Cognitive Science*, 32, 418-444.
- Temperley, D., & Marvin, E. W. (2008). Pitch-class distribution and the identification of key. *Music Perception*, 25, 193-212.
- Tillmann, B., Bharucha, J. J., & Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: A self-organizing approach. *Psychological Review*, 107, 885- 913.
- von Hippel, P. T., & Huron, D. (2000). Why do skips precede reversals? The effects of tessitura on melodic structure. *Music Perception*, 18, 59-85.