

### 73. (Enero 2016) Música y probabilidad (III)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Lunes 04 de Enero de 2016 13:00

---

En la anterior entrega [Góm16] de la serie Música y probabilidad estudiamos los modelos computacionales del ritmo, en particular, los modelos probabilísticos. La presenta entrega de la serie versa sobre los modelos probabilísticos de la altura del sonido. De nuevo, seguiremos para nuestra exposición el excelente libro de Temperley Music and Probability.

#### 1. El modelo de alturas

Por modelo de alturas se puede entender muchos conceptos. La altura es la cualidad que permite distinguir un sonido grave de uno agudo y está directamente relacionada con la frecuencia del sonido en cuestión, pero hay otros muchos factores que influyen en su percepción final (los sonidos vecinos, el contexto tonal, el timbre, el volumen, entre otros). En nuestro caso, nos vamos a centrar en los modelos de percepción de la tonalidad. La música que vamos a analizar, la música occidental de la práctica común, está en el marco de la música tonal y los modelos de alturas están estrechamente relacionados con la percepción de la tonalidad. En cuanto a las voces, nos vamos a concentrar en una sola voz, esto es, en entradas monofónicas.

El libro de Temperley empieza su estudio de los modelos de alturas con una revisión bastante exhaustiva de la bibliografía sobre percepción de alturas en el campo de la cognición musical. La mayor parte de los estudios que glosa Temperley usa un contexto tonal. Por ejemplo, un grupo de estudios se podrían clasificar bajo el epígrafe de estudios de notas de contraste (probe-tone studies, en inglés). En estos estudios se proporciona a los sujetos una melodía con una tonalidad bien establecida y luego se presenta una nota aparte y se pide a los sujetos que digan si esa nota pertenece a la tonalidad de la melodía; véase los estudios de Krumhansl [ [Kr u90](#)

] o Brown y colaboradores [

[BBJ94](#)

]. Otros estudios investigaron el papel de la tonalidad en la percepción de la altura y de la melodía en contextos más generales. Se concluyó que la tonalidad establece jerarquía en las alturas (véase [

[PK87](#)

]), afecta a la memoria, influye en el reconocimiento de melodías (véase [

[CCM81](#)

]) y condiciona las expectativas musicales (véase [

[CL95](#)

]).

### 73. (Enero 2016) Música y probabilidad (III)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Lunes 04 de Enero de 2016 13:00

---

Otros autores han investigado la cuestión de cómo los oyentes deducen la tonalidad, problema que se llama determinación de la tonalidad. Esta cuestión fue estudiada por Longuet-Higgins y Steedman [ [LHS71](#) ] en un artículo de 1971. Su modelo estaba diseñado únicamente para música monofónica y se basaba en la relación que hay entre tonalidad y escala. Esos autores explotan la idea de que la escala refleja la tonalidad y a partir de ello construyeron un algoritmo para determinar la tonalidad. Por ejemplo, la escala asociada a la tonalidad de sol mayor son {sol, la, si, do, re, mi, fa#

} y en una melodía en esa tonalidad deberíamos esperar que la mayor parte de las notas perteneciesen a ese conjunto. El algoritmo procesa una a una las notas de la melodía de principio a fin y para cada nota elimina las tonalidades que no tienen a esa nota en su escala. Si al final del proceso, solo queda una tonalidad, esa será la tonalidad elegida. Si por el contrario, no quedan tonalidades candidatas, entonces el algoritmo toma la primera nota y establece la tonalidad en que esa nota es la fundamental. Si esa decisión no es coherente, entonces el algoritmo elige como tonalidad aquella en que la primera nota es la dominante. Por ejemplo, si la primera nota fuese sol, hay siete posibles tonalidades que tienen la nota sol; se elige en primera opción la tonalidad de sol y si esta no funciona se toma do (para la que sol es la dominante).

Longuet-Higgins y Steedman comprobaron la validez de su modelo con los temas de las fugas de El clave bien temperado de Bach. En todos los casos su algoritmo dio con la tonalidad correcta. Sin embargo, es fácil darse cuenta de que el modelo de estos autores no funciona en todos los casos. Cuando los centros tonales de la melodía se refuerzan mediante cromatismo, entonces el modelo puede asignar una tonalidad errónea. Por ejemplo, en la figura 1 tenemos dos melodías. La primera, la A, está claramente en la tonalidad de si $\flat$  mayor; empero, el modelo, por falta de más información, tendría que decidir entre varias tonalidades, a saber, fa mayor, si $\flat$  mayor, mi $\flat$  y otras. Aplicando la regla de la primera nota, establecería que la tonalidad es fa mayor, lo que es incorrecto. En la segunda melodía, la B, se ve inmediatamente que está en do mayor, especialmente gracias a los compases dos y cuatro. No obstante, a causa de las notas cromáticas fa# y do#, las tonalidades que incluyen estas notas se considerarían candidatas, lo que no es lógico por la forma de esta melodía.

### 73. (Enero 2016) Música y probabilidad (III)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Lunes 04 de Enero de 2016 13:00

---

A.



B.



Figure 14. The meritocracy of the music spectrum (figure to be played in Exam 1) de Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)

### 73. (Enero 2016) Música y probabilidad (III)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Lunes 04 de Enero de 2016 13:00

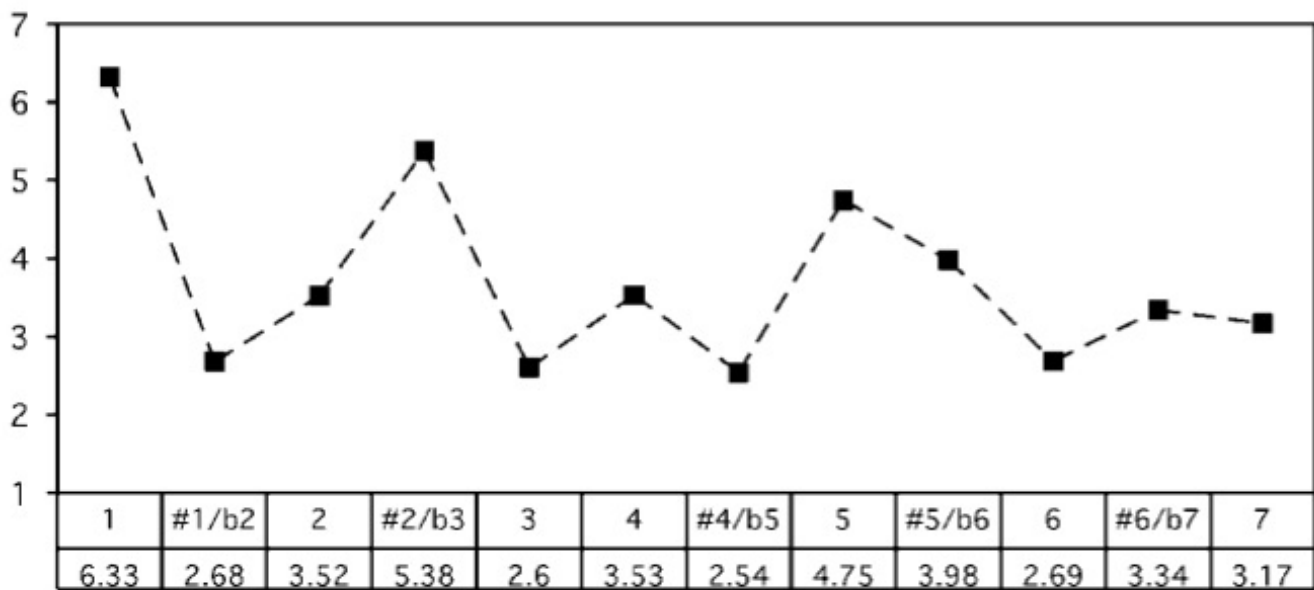
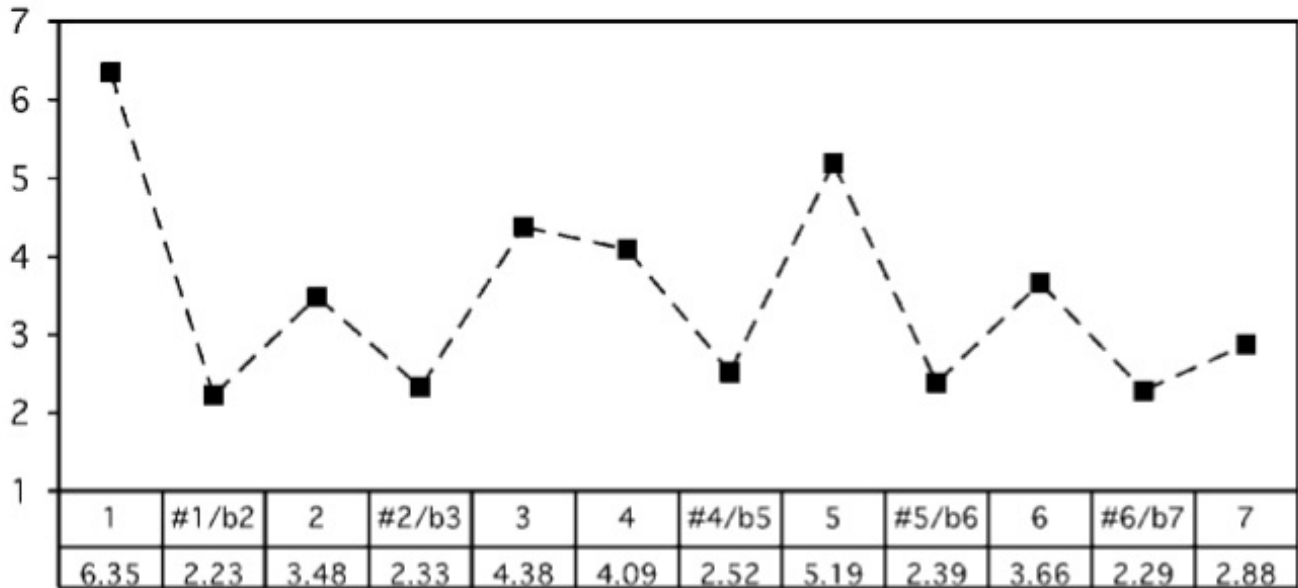


Figura 2. Perfiles de temperatura (figura tomada de [5]).

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2)^{1/2}}$$

donde  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$

### 73. (Enero 2016) Música y probabilidad (III)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Lunes 04 de Enero de 2016 13:00

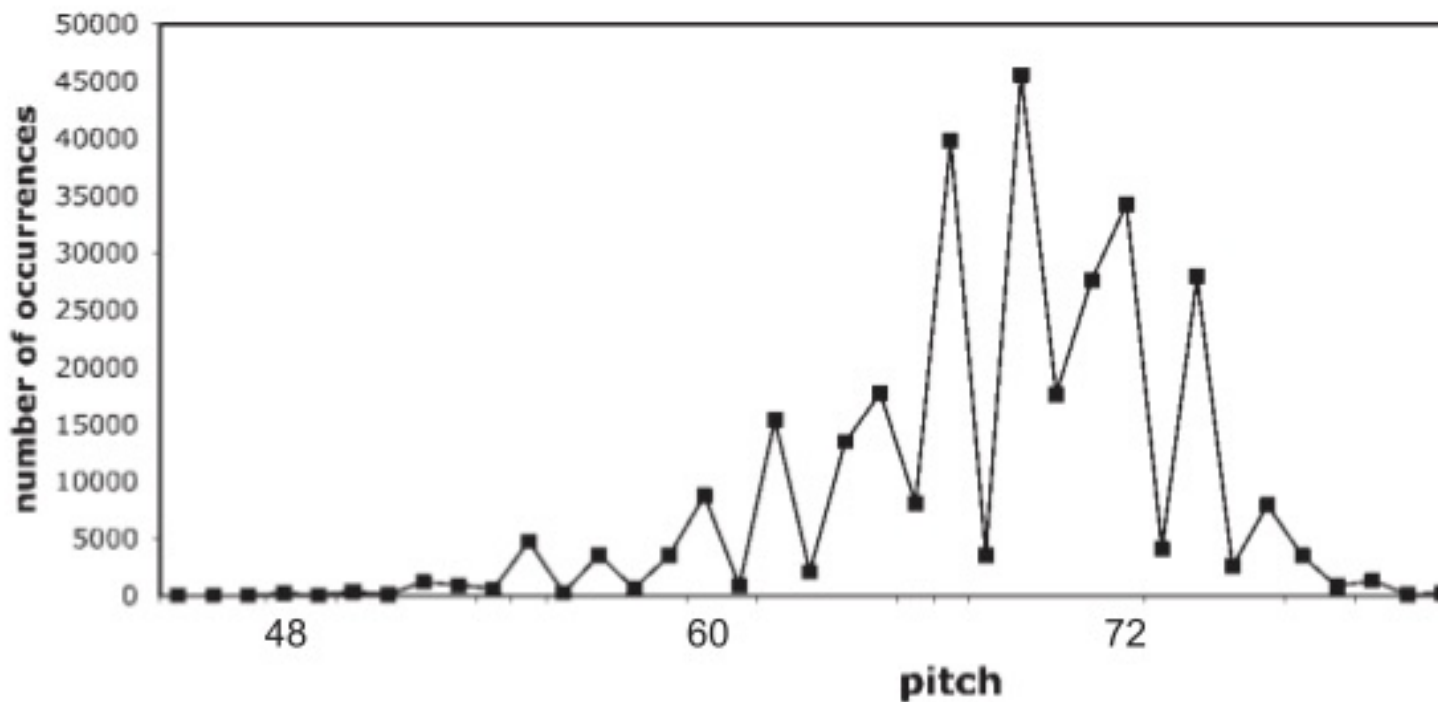


Figura 2: Distribución de la altura en un ejemplo (figura tomada de [7] en [10])

Central pitch profile =  $N(68, 13.2)$

Range profile =  $N(c, 29.0)$ , where  $c$  is the central pitch

Proximity profile =  $N(p_{n-1}, 7.2)$ , where  $p_{n-1}$  is the previous pitch

Key profiles (see figure 4.7)

RPK profile = product of key, range, and proximity profiles

$P(\text{key}) = (1/12) \times 0.88$  for major keys

$(1/12) \times 0.12$  for minor keys

Figura 4: Distribución de la altura en un ejemplo (figura tomada de [7] en [10])