

# Actividad cerebral en la percepción y la retención en la memoria de la altura tonal del lenguaje y la música

**Eduardo Castro-Sierra**

Laboratorio de Psicoacústica y Acústica Musical (LPAAM), Escuela Nacional de Música (ENM), UNAM. México, D.F.

Laboratorio de Psicoacústica y Fisiología Auditiva (LPAFA), Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG), SS. México, D.F.

## **Resumen**

Este trabajo tuvo como propósito evaluar la memoria y la percepción tonal de los estímulos musicales y de las palabras polisilábicas de una lengua tonal de registro en sujetos hablantes de zapoteco, y su actividad cerebral asociada por medio del EEG. Los resultados revelan, entre otros aspectos, que en las lenguas tonales, una muestra breve del lenguaje se percibirá como un estímulo tonal al compararla auditivamente con otra con la misma secuencia de fonemas, pero con una estructura de registro que puede ser igual o distinta a aquella, y que una muestra musical relativamente larga podrá percibirse como un estímulo tonal por sujetos que hablen estas lenguas.

## **Abstract**

*This work has an invention evaluating memory and tonal perception of musical stimulus and polisilabical words of a register tonal language in zapoteco speakers and their cerebral activity associated by EEG. The results reveal, between other aspects, that in tonal language a brief example of language will be perceived as a tonal stimulus when it is compared to another with the same sequence of phonemas but a register structure that*

*can be the same or different to that one, and that a long musical example could be perceived as a tonal stimulus by people that speak this language.*

El lenguaje depende de los sonidos de banda ancha que cambian rápidamente, mientras que los patrones tonales de la música son más lentos y emplean sonidos de banda estrecha. Por otro lado, se ha visto que las cortezas auditivas en el hemisferio izquierdo del cerebro están especializadas para lograr una mejor resolución temporal, esto es, están adecuadas para el lenguaje. En contraposición, las cortezas auditivas en el hemisferio derecho del cerebro, están especializadas para lograr una mejor resolución espectral, esto es, están adecuadas para la música (Zatorre, Belin & Penhune, 2002).

### **Estudios con lenguas tonales de contorno (que presentan palabras monosilábicas)**

En el Instituto de Neurología de la Universidad de McGill en Montreal, Canadá, se empleó la tomografía de emisión de positrones (PET) para estudiar los cambios en los patrones de actividad en el flujo sanguíneo cerebral (CBF) entre hablantes nativos adultos de mandarín o de inglés. Los sujetos de estudio efectuaban juicios sobre el tono presente en pares de palabras de mandarín. Los resultados fueron los siguientes:

a) Los cambios de CBF en el grupo hablante de mandarín se encontraron únicamente en el hemisferio *izquierdo*.

b) Los cambios de CBF en el grupo hablante de inglés se observaron sólo en el hemisferio *derecho*, (Klein, 2001).

El mandarín es una lengua tonal de contorno (con “modulación de frecuencia”). Por ejemplo, la palabra “Ma” en mandarín puede tener cuatro significados distintos según el nivel tonal en el que comience y aquel en el que termine esta palabra:

a) Mǎ: nivel cinco (alto) a nivel cinco (alto) = “madre”

b) Mā: nivel dos (medio bajo) a nivel uno (bajo)

a nivel cuatro (medio alto) = “caballo”

c) Mǎ: nivel tres (medio) a nivel cinco (alto) = “cañamo”

d) Mà: nivel cinco (alto) a nivel uno (bajo) = “regañar”

Los estímulos en el estudio de Klein (2001) fueron presentados en una secuencia constituida de dos palabras que solamente podían ser las mismas o distintas, tales como “mā” vs. “mà” o “mā̃” vs. “má”, por ejemplo, y por lo tanto únicamente permitían una comparación acústica.

Es posible que las mismas palabras presentadas aisladamente hubieran proporcionado a los sujetos una vía más directa para efectuar análisis lingüísticos dentro de un continuo sonoro fonológico léxico semántico.

Igualmente, se pensó que el electroencefalograma (EEG), por su precisión temporal, proveería un mejor instrumento que la PET para medir la actividad cerebral mientras que el sujeto efectuaba una prueba de percepción y análisis de un solo estímulo sonoro.

Por lo tanto, se proyectó el actual estudio cuyo objetivo fue evaluar la memoria y la percepción tonal de estímulos musicales y de palabras polisilábicas de una lengua tonal de registro, en sujetos hablantes de dichas lenguas y su actividad cerebral asociada por medio del EEG.

### **Estudios con lenguas tonales de registro**

Las lenguas tonales (otomangues) del México central, oriental y sudoriental son polisilábicas y muestran contrastes tonales entre sílabas, los que proveen significados léxicos a las palabras o las frases, *v. gr.*, “rajùm” (su masa, con descenso del tono en la segunda sílaba de la frase) *vs.* “rajuní” (su bigote, con ascenso del tono en la segunda sílaba de la frase) del otomí de la Sierra de Hidalgo. Estas lenguas se llaman lenguas tonales de registro.

### **Clasificación de las lenguas otomangues:**

Algunas lenguas otomangues en el centro y oriente de México son: otomí, mazahua, pame, chichimeca (presentes en el Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala).

Otras lenguas otomangues en el sudeste de México son zapoteco, mixteco, chinanteco, mazateco, trique, chocho (presentes en los estados de Oaxaca, Guerrero y Veracruz).

### **Sitio, lengua, sujetos y pruebas del estudio**

Sitio y lengua:

Juchitán, Oaxaca (zapoteco):

Sujetos:

1) Cuatro niños (edades: 12:2 a 16:2)

2) Seis niñas (edades: 11:11 a 16:8).

Todos eran diestros y sin entrenamiento musical especializado.

Pruebas:

1) Prueba de memoria tonal de Bentley: contraste de pares de secuencias musicales.

2) Prueba de memoria tonal en zapoteco: contraste de pares de secuencias de lenguaje.

3) Prueba de percepción tonal en zapoteco: análisis de secuencias aisladas de lenguaje.

4) Análisis con el EEG de bandas theta ( $4 < 7.9$  Hz), alfa ( $8 < 12.9$  Hz) y beta ( $13 < 21$  Hz) cerebrales.

## Resultados

Con los resultados de las evaluaciones, se llevaron a cabo análisis de correlaciones entre los datos obtenidos en las pruebas psicoacústicas y en las actividades de las distintas bandas de frecuencia en las áreas cerebrales consideradas. En la siguiente tabla se muestra un resumen de resultados:

PRUEBA	ÁREA CEREBRAL/ FRECUENCIA	CORRELACIÓN
Prueba de memoria tonal en la música	Frontal inferior derecha/ alfa	$r = 0.69$ ( $p = 0.042$ )
"	Frontal inferior izquierda/ beta	$r = 0.81$ ( $p = 0.008$ )
"	Parieto-occipital derecha/ theta	$r = 0.78$ ( $p = 0.01$ )
Prueba de memoria tonal	Frontal inferior derecha/ beta	$r = 0.70$ ( $p = 0.036$ )
Prueba de percepción tonal en el lenguaje	Frontal superior izquierda/ alfa	$r = 0.79$ ( $p = 0.012$ )
"	Temporal izquierda/ alfa	$r = 0.69$ ( $p = 0.038$ )
"	Parieto-occipital izquierda/ beta	$r = 0.70$ ( $p = 0.038$ )

Tabla 1.- Muestra el valor de las correlaciones y el nivel de probabilidad encontrado entre los resultados de las pruebas psicoacústicas y las actividades de las distintas bandas de frecuencia en las áreas cerebrales consideradas.

## **Discusión:**

Con base en los resultados obtenidos entre los sujetos jóvenes hablantes de zapoteco se pudo considerar lo siguiente:

a) Ciertos aspectos de la cognición de la música y el lenguaje, tales como discriminar dos muestras musicales o dos muestras del lenguaje, parecen efectuarse en la región frontal inferior derecha del cerebro: memoria auditiva de corto plazo (de trabajo).

b) Detectar, localizar y analizar lingüísticamente una muestra aislada del lenguaje según sus características tonales, parecen efectuarse en el hemisferio izquierdo.

c) Detectar y localizar muestras musicales parecen llevarse a efecto en la región parieto-occipital derecha del cerebro.

## **Conclusiones a nivel lingüístico:**

a) En las lenguas tonales, una muestra breve del lenguaje se percibirá como un estímulo tonal al compararla auditivamente con otra con la misma secuencia de fonemas, pero con una estructura de registro que puede ser igual o distinta a aquella.

b) Estas muestras se discriminarán y mantendrán en la memoria auditiva de trabajo, en la región frontal inferior derecha del cerebro.

c) El mismo breve estímulo del lenguaje será más fácilmente percibido como una muestra de lenguaje al ser percibido aisladamente.

d) Esta muestra se analizará en distintas áreas del hemisferio izquierdo.

## **Conclusiones a nivel musical:**

a) Una muestra musical relativamente larga podrá percibirse como un estímulo tonal por sujetos que hablen estas lenguas.

b) Esta muestra se analizará, principalmente, en el hemisferio cerebral derecho.

c) Con mayor experiencia musical, estos sujetos podrían analizar muestras musicales aisladas, tales como las usadas en este estudio, como si fueran muestras aisladas del lenguaje, dado que los sujetos usarían intervalos y no contornos al reconocer las melodías (Peretz, 1993). Esta tendencia podría hacerse especialmente evidente entre hablantes de lenguas tonales de registro, como el zapoteco.

d) Estas muestras se analizarían parcialmente en el hemisferio izquierdo.

### **Conclusiones a nivel lingüístico y musical:**

a) Durante el desarrollo auditivo, los niños que hablen lenguas tonales podrán experimentar cambios en la localización de la discriminación o el análisis, musical o del lenguaje, en los hemisferios cerebrales derecho o izquierdo.

b) El procesamiento global (bi-hemisférico) entre niños menores podría posteriormente mostrar una tendencia a un procesamiento de sonidos complejos más lateralizado (hemisferio derecho o izquierdo) entre niños mayores que hablen estas lenguas (Moses et al., 2002).

c) El Laboratorio de Psicoacústica y Acústica Musical (ENM, UNAM) y el Laboratorio de Psicoacústica y Fisiología Auditiva (HIMFG) llevan a cabo actualmente estudios de cognición de sonidos complejos con técnicas de EEG / fMRI (resonancia magnética funcional) entre niños de diversas edades, hablantes monolingües de zapoteco (Juchitán, Oaxaca) o de otomí, (San Antonio el Grande, Hidalgo).

### **Bibliografía**

- Bentley, A. (1966). *Musical Ability in Children and its Measurement*. Harrap: London.
- Castro-Sierra, E. (1989). *Development of Pitch Perception in Children*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Stanford.
- Castro-Sierra, E. y Poblano H. A. (2003) "Brain activity in perception and retention in memory of the pitch of music and speech". En *Proc. SMAC 2003*, Stockholm, Sweden. pp. 591-594.
- Klein, D. (2001). A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *NeuroImage*. 13: 646-653.

- Moses, P., Roe, K., Buxton, R. B., Wong, E.C., Frank, L.R. y Stiles, J. (2002). Functional MRI of global and local processing in children. *NeuroImage*; 16: 415-424.
- Peretz, I. (1993). Auditory agnosia: a functional analysis. En: S. Madams y E. Bigand (eds.). *Thinking In Sound. The Cognitive Psychology Of Human Audition*, Clarendon Press: Oxford, pp. 198-230.
- Zatorre, R.J., Belin, P., Penhune, V.B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in Cognitive Science* 6: 37-46.