



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**ACTIVIDAD CEREBRAL DURANTE EL RECONOCIMIENTO  
DE LAS EMOCIONES EXPRESADAS POR LA PROSODIA  
MUSICAL**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**BEERELIM CORONA DZUL**

**DIRECTOR: DR. ENRIQUE OCTAVIO FLORES GUTIÉRREZ**

**SINODALES: DRA. MARÍA A. CORSI CABRERA**

**DRA. IRMA YOLANDA DEL RÍO PORTILLA**

**MTRA. ITZEL GRACIELA GALÁN LÓPEZ**

**LIC. OLGA ARACELI ROJAS RAMOS**



**MÉXICO, D.F.**

**SEPTIEMBRE 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A todos mis apoyos en esta gran travesía*

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Miriam Dzul y Ángel Corona, por su amor y enseñanzas que me han ayudado a encontrar un camino a seguir y me han dado el coraje y el valor para enfrentar cualquier adversidad.

A mi hermana Sarai Corona por su apoyo incondicional y la mejor de las amistades. A mi primo Jadiel Aké por ser mi mejor compañero y un gran amigo. A mi tío Juan Daniel Dzul por su ejemplo. A mi sobrino Bezaleel Aguilar por alegrar nuestras vidas.

A mis tutores: Dr. Enrique Flores y Dra. María Corsi, por guiar este trabajo e impactar mi formación académica con su ejemplo y valores. A mis sinodales: Dra. Yolanda Del Río, Mtra. Itzel Galán y Lic. Olga Rojas por su generosidad.

A Daniel Osorio, Sara Herreño y Alejandro Segura por su amistad y por hacer de este periodo una mejor experiencia de vida. A las chicas y chicos del laboratorio por su compañerismo y por hacer más ameno el tiempo de trabajo.

A Dios, por dejarme seguir este plan. “Sabiduría ante todo; adquiere sabiduría; y sobre todas tus posesiones adquiere inteligencia” Proverbios 4:7. “Un poco de ciencia aleja de Dios, pero mucha ciencia devuelve a Él” *Louis Pasteur*

*En el pensamiento científico siempre están presentes elementos de poesía.  
La ciencia y la música actual exigen de un proceso de pensamiento homogéneo.  
Albert Einstein.*

*La música es el verdadero lenguaje universal.  
Carl Maria von Weber*

*La música es la taquigrafía de la emoción.  
Lev Tolstoy*

*La música es el corazón de la vida.  
Franz Liszt*

## INDICE GENERAL

### RESÚMEN

INTRODUCCIÓN.....1

MARCO TEÓRICO.....5

a. La escucha de la música.....7

b. Identificación de la expresión emocional de la música.....8

c. La experiencia de una emoción provocada por la música.....9

OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....12

### METODO

Muestra.....14

Estímulos musicales.....14

Escala de Evaluación Subjetiva.....15

Diseño.....15

Tarea de reconocimiento de expresión emocional.....16

Registro electroencefalográfico.....17

Procedimiento.....18

#### Análisis de datos

Análisis de la emoción expresada.....18

Análisis del EEG.....19

Análisis estadístico.....20

### RESULTADOS

Evaluación subjetiva.....	21
EEG	
Análisis espectral.....	24
Tomografía eléctrica.....	26
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXO I	
d. Consonante mayor.....	44
e. Consonante menor.....	53
f. Disonante mayor.....	58
g. Disonante menor.....	63

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito observar el efecto de las variaciones prosódicas de modo (mayor y menor) y de consonancia/disonancia en la expresión emocional de la música, así como, analizar los patrones de actividad eléctrica cerebral y las regiones corticales cerebrales asociadas al reconocimiento de dicha expresión emocional. Los participantes fueron veinte sujetos diestros con edades de veintidós a treinta y cinco años, sin instrucción musical. Los estímulos estuvieron conformados por diez frases musicales originales, con cuatro variaciones prosódicas: consonante mayor, consonante menor, disonante mayor y disonante menor; todas las piezas musicales fueron compuestas por la autora con la asesoría de un músico profesional y tuvieron una duración de quince a diecisiete segundos. Se realizó un registro electroencefalográfico de los participantes en el momento en que escucharon las piezas musicales con ojos cerrados y posteriormente evaluaron la intensidad en cm. de 10 adjetivos y un enunciado de control en relación a la expresión emocional de cada pieza. Los sujetos identificaron a las piezas disonantes y en modo menor, como más desagradables que piezas consonantes y en modo mayor, además, reconocieron a las piezas consonantes como más agradables en comparación con piezas disonantes. La actividad eléctrica cerebral (potencia espectral de bandas anchas y localización de fuentes de corriente) mostró la activación de regiones del cíngulo bilateral, corteza frontal y temporal derecha y regiones de asociación izquierdas, lo que muestra que la respuesta ante la identificación de emociones expresadas por la prosodia musical (modo y consonancia/disonancia), independientemente de las emociones provocadas por la música, requiere de la participación de áreas de procesamiento cognitivo de los estímulos musicales, valoración emocional de un estímulo en general y prosodia del habla. Estos hallazgos permiten describir la red neural implicada en la identificación de la expresión emocional de la música, proponiendo la posible existencia de un mecanismo cerebral de valoración emocional común entre la prosodia musical y la prosodia emocional del habla, lo que daría lugar a un mecanismo neural global para la identificación de significado o expresión emocional en base a las características acústicas de los estímulos sonoros, a un nivel de procesamiento e integración cortical.



## INTRODUCCIÓN

La música, descrita como el arte de pensar en sonidos (Combarieu, 1910, citado en Andrade & Bhattacharya, 2003) es un elemento que se ha encontrado en todas las culturas humanas, constituyéndose como un importante elemento dentro de ellas a lo largo de la historia (Andrade & Bhattacharya, 2003). La música posee un lenguaje universal con características comunes de melodía, consonancia/disonancia y métrica entre diferentes estilos musicales (Trainor & Trehub, 1992; Zentner & Kagan, 1996); muestra un procesamiento similar entre niños y adultos (Trainor & Trehub, 1992), y no requiere de entrenamiento especial para comprenderla y disfrutarla (Trainor, McDonald & Alain, 2002).

Evolutivamente, la música parece compartir un ancestro común con el lenguaje, se ha propuesto que existió una etapa que ha sido denominada como “musilenguaje”, la cual, parece haber estado presente en una fase primaria de unidades léxico-tonales que probablemente resultaron en las especializaciones que ahora conocemos como música y lenguaje. Dicho ancestro común se caracterizó por usar el tono para dar significado semántico, generar frases a través de arreglos combinatorios de elementos léxico-tonales y manejar principios moduladores para añadir énfasis y significado emocional a frases simples (Brown, 2000). Algunas funciones esenciales durante la filogenia humana como la selección sexual, el apoyo, el juego en grupo, y la vinculación madre e hijo a través del canto, pudieron haber sido funciones de la música como adaptación (Fitch, 2006). De ello se deriva que la música ha desempeñado y continúa desempeñando un importante papel en las culturas humanas.

La capacidad de la música para expresar y provocar emociones probablemente surgió a través de la comunicación vocal altamente emocional dirigida al infante en los primeros años de vida (Juslin & Laukka, 2003). El poder de la música para expresar emociones, ha sido demostrado cuando escuchas con diferentes grados de educación musical reconocen el carácter emocional de pasajes musicales (Flipic & Lalitte, citados en Peretz & Sloboda, 2005).

Como estímulo, la música es procesada por varios subcomponentes del procesamiento emocional, tales como la evaluación cognitiva, el sentimiento subjetivo y la regulación; en este procesamiento intervienen mecanismos como los reflejos del tallo cerebral, el condicionamiento evaluativo, el contagio emocional, la imaginación visual, la memoria episódica y la expectativa musical (Juslin & Västfjäll, 2008).

De acuerdo con Juslin & Västfjäll (2008), la capacidad de la música para provocar emociones en sus escuchas comienza cuando éstos reconocen la expresión emocional de un pasaje u obra musical (fuente extrínseca), este nivel de procesamiento podría estar influenciado por características naturales o culturales (Meyer, 2001) y culminar en diferentes experiencias subjetivas de emoción musical o impacto emocional (fuente intrínseca). Es pertinente mencionar que los efectos de la música sobre las emociones varían dependiendo de la experiencia individual (Peretz & Sloboda, 2005).

La capacidad de generar una expresión emocional en la música, podría depender del arreglo estructural de sus características acústicas. Se ha observado que la variación de los elementos musicales da como resultado la percepción de diversas emociones expresadas por la música (Gabrielsson & Lindström, 2001).

Dentro de cada lenguaje, existen características acústicas sistemáticas que están gobernadas por reglas y se distinguen a niveles estructurales. En lenguaje, se conoce como prosodia a los cambios acústicos en frecuencia, amplitud y duración que forman un agrupamiento, prominencia y entonación para dar un significado emocional al habla (Beckman, 1996; Pierrhumbert, 1999, citados en Palmer & Hutchins, 2006). En general, se ha encontrado que la comprensión de la prosodia relacionada a características emocionales requiere fundamentalmente del hemisferio derecho (Breitenstein et al., 1998; George et al., 1996; Imaizumi et al., 1997; Ross et al., 1997, citados en Hesling et al., 2005; Pell, 2006) en tanto que la comprensión del mensaje o un contenido lingüístico involucra a las áreas de lenguaje del hemisferio izquierdo (Rauschecker & Tian, 2000; Weeks et al., 1999; Zatorre et al., 1992, citados en Hesling et al., 2005, Pell, 2006).

La prosodia musical se refiere a la expresión musical vía variaciones acústicas gobernadas por reglas que implican el manejo de la duración, el tono, la métrica y el acento musical (Palmer & Hutchins, 2006). Entre los elementos de la prosodia musical se encuentran el modo y la consonancia/disonancia, se ha observado que las personas asocian el modo mayor a felicidad mientras que el modo menor se asocia a tristeza (Crowder, 1985; Hevner, 1935a; Kleinen, 1968; Krumhansl, 1997; Nielzén & Cesarec, 1982; Peretz et al., 1998; Wedin, 1972c; citados en Gabrielsson & Lindström, 2001), en tanto que la consonancia se prefiere sobre la disonancia (Dalla Bella et al., 2001, citados en Peretz & Sloboda, 2005).

El estudio sobre el reconocimiento de las emociones expresadas por los diferentes tipos de obras musicales, se ha realizado mediante auto reportes o instrumentos de evaluación de la música, en los cuales el sujeto elige de entre una serie de adjetivos, aquel que se asocie con el grado de intensidad de dicho adjetivo en la pieza musical. Sin embargo, son pocos los estudios que se han enfocado a identificar las áreas corticales involucradas en la identificación de la emoción expresada por un pasaje musical (Altenmüller et al., 2002; Khalfa, 2005; Schmidt & Trainor, 2001). Schmidt & Trainor (2001) encontraron que la actividad eléctrica de la porción anterior de la corteza cerebral distingue la valencia de las emociones musicales, observando una mayor actividad alfa frontal lateralizada al hemisferio izquierdo durante la presentación de pasajes musicales positivos (felicidad y alegría), y al hemisferio derecho durante la presentación de pasajes musicales negativos (miedo y tristeza), además de una mayor actividad de potencia relativa a mayor intensidad del estímulo. Altenmüller et al. (2002), con estudios de corriente directa de la actividad eléctrica cerebral, encontraron que las emociones positivas estuvieron asociadas con un predominio de activación frontal izquierda mientras que las emociones negativas tuvieron preferencia en la región frontal del hemisferio derecho.

Estos elementos contextuales de la investigación sobre la actividad neural relacionada a la emoción en música, nos permitió plantear el presente estudio, en el que nos enfocamos como punto principal en el reconocimiento de las emociones expresadas por la música por parte del escucha en función de la variación de dos elementos de la prosodia musical, el modo y la consonancia/disonancia, como proceso

básico de la capacidad de la música para transmitir emociones, utilizando las escalas previamente desarrolladas por Ramos et al. (1996) y Flores-Gutiérrez et al. (2007) con algunas modificaciones, y puesto que el reconocimiento de diferentes emociones expresadas por la música, requiere de la participación de diversos procesos cerebrales, se registró y analizó la actividad electroencefalográfica (EEG) como un medio para describir la actividad eléctrica y las áreas corticales cerebrales involucradas en el reconocimiento de las emociones expresadas por la música. Los datos obtenidos, sin duda, aportarán información adicional sobre la funcionalidad cerebral a resultados previos realizados con técnicas de neuroimagen (Meyer, 2001), y ayudarán a entender el funcionamiento cerebral requerido para el reconocimiento de la expresión emocional musical (Bhattacharya & Petsche, 2001).

## MARCO TEÓRICO

La música puede inducir un amplio rango de emociones básicas y complejas en escuchas a través de distintos mecanismos psicológicos que las emociones ante la música comparten con otras emociones (Juslin & Västfjäll, 2008), por tal motivo, se ha propuesto que la música es una ventana única y un excelente paradigma para estudiar al cerebro emocional a diferentes niveles: los procesos cognitivos mediados por la neocorteza y las respuestas afectivas mediadas subcorticalmente (Peretz & Sloboda, 2005). De hecho, se ha mostrado que el escuchar música puede provocar cambios en la actividad eléctrica y metabólica de estructuras límbicas y paralímbicas, implicadas en la emoción (amígdala, hipocampo, giro hipocampal, ínsula, polos temporales, corteza cingulada, corteza orbitofrontal y estriado ventral), por tanto, la música es particularmente apropiada para estudiar las dinámicas temporales de procesos emocionales y sus correlatos neurales (Flores-Gutiérrez et al., 2007; Koelsch, 2005).

La experiencia emocional a partir de la música, como cualquier proceso emocional promovido por la presencia de un estímulo, inicia con el propio procesamiento de la música como estímulo, es decir, la decodificación de sus características sonoras a nivel neural, que posteriormente se integrarán en la percepción o el reconocimiento de una expresión emocional por parte de la misma. Así pues, la percepción del contenido emocional de la música implica procesos sensoriales y cognitivos que son independientes de la experiencia emocional del escucha (Gabrielsson 2002; Harré 1997, citados en Juslin & Västfjäll, 2008) y se pueden ver influidos por factores como la estructura compuesta y la ejecución de la obra musical (Gabrielsson & Lindström, 2001). Por lo tanto, es esencial conocer cuáles son los factores o características de la música que intervienen en el contenido o expresión emocional de este tipo de estímulos musicales.

La expresión emocional en la música, como en el lenguaje hablado, está dada por la prosodia. La prosodia musical es un elemento que se utiliza al realizar diferentes arreglos de características musicales para conferir significado y expresión emocional a la música, gobernada por sus propias reglas y principios (Sergent, 1993).

La música requiere de cualidades del sonido como la altura, la intensidad del sonido y el timbre que constituyen la melodía (sucesión de sonidos de diferente altura para expresar una idea musical), la armonía (parte que estudia la formación y combinación de acordes) y el ritmo (orden y proporción en que se agrupan los sonidos en el tiempo). Son precisamente estos últimos elementos los que confieren características como la tonalidad o la relación establecida entre una serie de sonidos dentro de los cuales destaca un sonido principal (Tónica), que rige el funcionamiento de todos los demás. A su vez, como resultado de la tonalidad, se produce el modo u orden en que están dispuestos los tonos y semitonos en una escala, el modo puede ser mayor o menor. Por otro lado, la tónica puede formar intervalos con el 3º, 4º, 5º y 8º grado para formar consonancia o sensación de reposo, y con el 2º y 7º grado para formar disonancia o sensación de movimiento (Moncada, 1992). La Figura 1 ejemplifica la escala Mayor (Fig. 1a) y menor (Fig. 1b) sobre la escala diatónica de Do, y los intervalos consonantes (Fig. 1c) y disonantes (Fig. 1d) sobre la escala de Do Mayor.

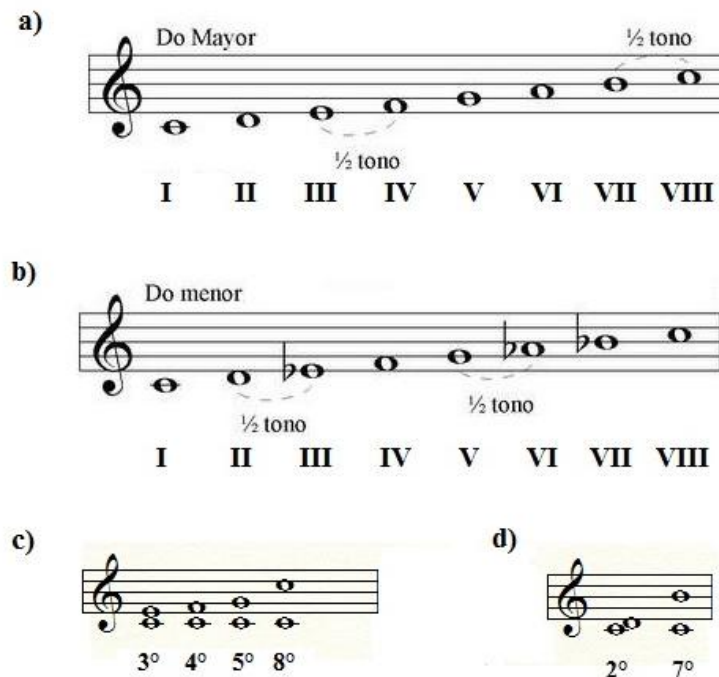


Figura 1. Ejemplo en la Tónica de Do de la disposición de tonos y semitonos de la escala Mayor (a) y de la escala menor (b), así como, los posibles intervalos consonantes (c) y disonantes (d) en Do Mayor. Los números romanos y ordinales indican el grado musical respecto a la Tónica (Do).

Estos elementos y características de la música han sido previamente estudiados en el ámbito del significado musical y la expresión emocional de la música (prosodia musical). Diferentes investigaciones que han analizado la expresión emocional de la música con instrumentos o procedimientos que incluyen diversos términos descriptivos, han encontrado que el ritmo, la distribución del intervalo (que incluye el grado de consonancia/disonancia) y la tónica, entre otros, son factores importantes para la atribución de expresión emocional a la música (Gundlach, 1935, citado en Gabrielsson & Lindström, 2001). Con base en dichas investigaciones, se ha logrado describir diferentes emociones expresadas a través de la música, realizando asociaciones entre características musicales y su expresión emocional. La felicidad o alegría se ha caracterizado por tonos agudos, modo mayor y tempo rápido; la tristeza por tonos bajos, armonía menor o cromática y tempo lento; la activación por volumen alto, saltos de intervalo y tonos agudos; el enojo por melodías rítmicamente complejas y con atonalidad; la tranquilidad por tempo lento, melodías tonales y saltos melódicos (Thompson & Robitaille, 1992; Watson, 1920, citado en Gabrielsson & Linström, 2001). Asimismo, se ha observado que existe una asociación de sentimientos de agrado y desagrado en relación a la consonancia y disonancia, respectivamente (Maher, 1980).

Además de los estudios descriptivos sobre la expresión emocional de la música que el escucha reporta haber percibido, se han realizado observaciones de las respuestas cerebrales ante a) la escucha de música (Flores-Gutiérrez, 2007; Menon & Levitin, 2005), b) la identificación de la expresión emocional de la música (Khalfa et al., 2005; Mitterschiffthaler et al., 2007; Schmidt & Trainor, 2001) y, c) la experiencia de una emoción provocada por la música (Alltenmüller et al., 2002; Blood et al., 1999; Blood & Zatorre, 2001; Flores-Gutiérrez et al., 2007; Ramos & Corsi-Cabrera, 1989; Salimpoor et al., 2009; 2011), que se describen en los siguientes apartados.

## **La escucha de música**

Los diferentes niveles de procesamientos y codificación de la música implican la participación de diversas estructuras cerebrales. La actividad de sólo escuchar música,

en general, promueve una activación de estructuras subcorticales altamente correlacionadas, que incluyen al núcleo accumbens (NAc), al área ventral tegmental (VTA) y al hipotálamo. Se propone entonces la existencia de una red tripartita que podría mediar las respuestas cerebrales ante la recompensa y los aspectos afectivos de la música, mediante la liberación de dopamina. Por otra parte, se ha descrito un circuito en el que interactúan dinámicamente la ínsula y la corteza órbito-frontal que participan en la representación de la valencia del estímulo así como en su control emocional (Menon & Levitin, 2005). También se ha observado al comparar la escucha de música contra un estímulo neutro como el ruido, que la coherencia en la actividad eléctrica cerebral incrementa en la corteza primaria auditiva, la corteza pre-frontal y el área de Broca, además de activación metabólica en el giro temporal superior derecho bilateral, algunas regiones hipotalámicas derechas y, regiones como el polo temporal, el giro frontal inferior y el área fronto-polar en el hemisferio izquierdo (Flores-Gutiérrez, 2007).

### **Identificación de la expresión emocional de la música**

En relación al reconocimiento o procesamiento general de los significados relacionados a emoción en música, se ha reportado que este procesamiento implica mayor activación en el giro frontal medio (Khalifa et al., 2005). También, se ha reportado mayor actividad alfa (frecuencia relativa) en regiones frontales izquierdas cuando los sujetos escucharon pasajes musicales positivos, y mayor actividad alfa en regiones frontales derechas durante la presentación de pasajes musicales negativos, lo cual, aumentó en función de la intensidad del estímulo afectivo (Schmidt & Trainor, 2001). Otras investigaciones, con resonancia magnética funcional (fMRI), mostraron mayor activación en el estriado dorsal izquierdo y ventral bilateral ante la presentación de estímulos musicales clasificados como alegres, y mayor activación de la corteza del cíngulo anterior izquierda y el giro hipocampal izquierdo durante la presentación de estímulos musicales clasificados como tristes (Mitterschiffthaler et al., 2007)

Específicamente, el modo y la consonancia/disonancia son características musicales que se conoce están asociadas a la expresión de alegría (modo mayor),



tristeza (modo menor) y agrado/desagrado (consonancia/disonancia). Con el empleo de técnicas de imagen (fMRI) se ha encontrado que la escucha de acordes menores y disonantes se asocian a un incremento en los niveles de oxigenación en la sangre o respuestas BOLD (blood oxygen level dependent) en diferentes áreas cerebrales que incluyen a la amígdala, la corteza retrosplenial, tallo cerebral y cerebelo, en comparación con la escucha de acordes mayores, por lo que, las respuestas amígdala-tallo cerebral durante la escucha pasiva de acordes menores y disonantes comparados con acordes mayores reflejan un mecanismo que automáticamente interpreta estos acordes como un estímulo potencialmente alarmante (Pallesen et al., 2005). Por otra parte, también se ha reportado mayor actividad en la corteza del cíngulo posterior y en la corteza frontal orbital y dorsolateral media izquierda ante la escucha de piezas en modo menor, en comparación con las que estuvieron en modo mayor, lo que sugiere que la lateralización del lóbulo frontal depende de especificidad compleja de la activación de dichas regiones (Wager et al., 2003; citado en Khalfa et al., 2005). El procesamiento de la disonancia parece involucrar también a la región ventromedial bilateral de la corteza orbitofrontal (Khalifa et al., 2005).

### **La experiencia de una emoción provocada por la música**

Aunque el objetivo del presente trabajo no está centrado en la emoción subjetiva experimentada por el escucha, es pertinente mencionar los hallazgos de los diversos estudios que se han realizado para conocer los correlatos neurales que subyacen a las emociones provocadas por la música. En los primeros estudios al respecto se observó que hubo un incremento de theta (potencia relativa), ritmo previamente observado durante la estimulación placentera, que estuvo asociado al reporte de agrado subjetivo ante la escucha de piezas musicales (Ramos & Corsi-Cabrera, 1989). Un estudio más reciente demostró una relación entre la emoción subjetiva agradable y la activación de un sistema cortical izquierdo conformado por las regiones pre-frontal media, temporo-parietal posterior y occipital, mientras que la emoción subjetiva desagradable comprometió un sistema cortical con las regiones fronto-polar superior derecha, corteza frontal media izquierda, giro frontal inferior, ínsula y área auditiva derecha, además de

una actividad coherente incrementada en electrodos frontales derechos y de línea media hacia regiones frontales derechas y temporales izquierdas (Flores-Gutiérrez et al., 2007). Aunado a esto, se ha encontrado que estímulos clasificados en condición neutral, muestran patrones de activación bilateral fronto-temporal, sin dominancia hacia algún hemisferio (Alltenmüller et al., 2002).

La experiencia emocional provocada por la música ha constituido una línea de investigación que ha observado resultados interesantes a este respecto. Se ha encontrado que el flujo sanguíneo cerebral varía en regiones neocorticales y paralímbicas en función del grado de disonancia de un pasaje musical y de la sensación de agrado/desagrado percibido (Blood et al., 1999). Por otro lado, el flujo sanguíneo en regiones cerebrales que se activan en respuesta a estímulos como la comida, el sexo y el abuso de drogas, tales como el estriado ventral, el cerebro medio, la amígdala, la corteza órbito-frontal y la corteza prefrontal medial y ventral, mostró incrementos y decrementos en relación al aumento de la intensidad de la experiencia emocional altamente placentera provocada por la música, lo que se ha denominado como “chills” (Blood & Zatorre, 2001). Los aspectos placenteros de escuchar música están relacionados a la activación o arousal emocional, observada a través del registro de la actividad del sistema nervioso simpático (Salimpoor et al., 2009) y a la liberación de dopamina endógena en el estriado, especialmente en el núcleo accumbens que mantiene una importante correlación con el máximo pico del arousal emocional durante la escucha de la música (Salimpoor et al., 2011).

Dentro de los hallazgos mencionados como los más importantes en éste campo de investigación, el estudio de Flores-Gutiérrez et al. (2007) contribuyó, en gran medida, a una mejor delimitación de las posibles causas de la lateralización del procesamiento emocional elicitado por la música, pues además de haber descrito la actividad cerebral eléctrica y metabólica ocurrida durante la escucha de pasajes musicales agradables y desagradables, retomó el modelo de procesamiento cerebral de situaciones novedosas y procesos predictivos propuesto por Goldberg (1978, 1981, citados en Podell et al., 2001), en el ámbito de las emociones provocadas por la música (Flores-Gutiérrez et al., 2007). Goldberg (1978, 1981, citados en Podell et al., 2001) estableció la participación fundamental del hemisferio derecho en el procesamiento exploratorio de situaciones cognitivas recientes para las cuales no pueden aplicarse

estrategias o códigos previos del repertorio cognitivo del individuo. A su vez, el hemisferio izquierdo es crítico para el procesamiento basado en representaciones previas y estrategias cognitivas de rutina. Al llevar este planteamiento al contexto de las emociones provocadas por la música, Flores-Gutiérrez et al. (2007) explican que la lateralización de la activación izquierda-agrado y derecha-desagrado puede ser consistente con la especialización derecha para situaciones novedosas e izquierda para procesos predictivos, incorporando a la integración cognitiva y sensorial dentro del proceso de la emoción musical.

En el presente trabajo nos enfocaremos en el proceso de reconocimiento de las emociones expresadas por la música a través de la escucha de piezas musicales que varían en función de dos elementos de la prosodia musical, modo y consonancia/disonancia, como proceso básico de la capacidad de la música para transmitir emociones, utilizando las escala previamente desarrolladas por Ramos et al. (1996) y Flores-Gutiérrez et al. (2007) con algunas modificaciones; y puesto que existen pocos trabajos dedicados a investigar las regiones corticales que participan en la identificación o reconocimiento de la emoción expresada por la música, esta investigación tiene también como objetivo identificar áreas corticales cerebrales involucradas en el reconocimiento de las emociones expresadas por la música, identificadas por los participantes, mediante el registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG) y la localización de las fuentes distribuidas de corriente.

Los datos obtenidos, sin duda, aportarán información adicional sobre la funcionalidad cerebral a resultados previos realizados con técnicas de neuroimagen (Meyer, 2001), y ayudarán a entender el funcionamiento cerebral requerido para el reconocimiento de la expresión emocional musical (Bhattacharya & Petsche, 2001).

## OBJETIVOS

Observar si las variaciones prosódicas por la manipulación de modo (mayor y menor) e intervalo (consonancia y disonancia) de una misma pieza musical expresan diferentes emociones identificables por los escuchas.

Analizar los patrones electroencefalográficos asociados a la identificación o reconocimiento de la emoción expresada en las variaciones prosódicas musicales.

Identificar las regiones corticales involucradas en la identificación o reconocimiento de la emoción expresada en las variaciones prosódicas musicales en la distribución topográfica de las fuentes distribuidas de corriente.

## HIPÓTESIS

$H_1$ : La variación prosódica de la misma pieza musical expresará diferentes emociones identificables por los escuchas.

$H_2$ : La actividad eléctrica cerebral (potencia espectral de bandas anchas) mostrará diferencias significativas ante las diferentes variaciones prosódicas.

$H_3$ : Habrá áreas corticales que se activarán durante el reconocimiento de las emociones expresadas por la música.

## VARIABLES

*Variables independientes:*

1. Tipo de variación prosódica de la misma pieza musical: mayor consonante, mayor disonante, menor consonante, menor disonante.

*Variables dependientes:*

1. Percepción subjetiva de la emoción musical mediante la Escala de percepción subjetiva de la expresión musical modificada de Ramos et al. (1996) y Flores-Gutiérrez et al. (2007).
2. Actividad eléctrica cerebral (potencia espectral de bandas anchas)
3. Distribución topográfica de fuentes distribuidas de corriente

## **MÉTODO**

### **Participantes**

La muestra estuvo integrada por 20 sujetos, diestros, de sexo masculino, con edades de 22 a 35 años, sin instrucción musical formal. Se consideró este rango de edad, tomando en cuenta factores de maduración cerebral, específicamente la edad de desarrollo máximo de los lóbulos frontales (alrededor de los 21 años) y cambios hormonales alrededor de los 40 años que pueden influir en la actividad eléctrica cerebral. Se entrevistó a los participantes para confirmar que contaran con las características requeridas para el estudio, así mismo se aplicó el Inventario de Lateralidad Manual de Edinburgo para corroborar la lateralidad e incluir en el estudio sólo sujetos diestros. Los sujetos reportaron la ausencia de alteraciones neurológicas o auditivas, ni historia de consumo de drogas. Todos los participantes fueron informados acerca de los objetivos de la investigación, aceptaron libremente participar del estudio, y firmaron una carta de consentimiento informado por medio de la cual se les comunicó el procedimiento del experimento.

### **Estímulos musicales**

Los estímulos musicales consistieron en 40 piezas musicales con duración de 15-17 segundos cada una, compuestas por la autora con la asesoría y dirección de un músico profesional. Se manejaron 10 grupos de piezas musicales que plantean una frase musical, cada grupo constó de 4 piezas. Cada pieza presentó manipulaciones de modo (mayor/menor) o en cuanto a presencia de disonancia (consonante/disonante) de un tema original dando como resultado cuatro variaciones prosódicas: consonante mayor (CMAY), consonante menor (CMEN), disonante mayor (DMAY) y disonante menor (DMEN). Durante la fase experimental, se presentaron las piezas en un orden aleatorio por sujeto. Se utilizó el programa *finale*© MakeMusic, Inc., edición 2009 para la creación, grabación y edición de las frases musicales experimentales. Dicho programa permite componer, arreglar, reproducir e imprimir partituras musicales, a partir de su generación por computadora, además de tener la posibilidad de guardarlos en formatos

como mp3 o MIDI principalmente. Los estímulos auditivos fueron convertidos a formato MIDI con la ayuda del programa de audio Audacity, para que fuesen compatibles con el programa **E-Prime®** Psychology Software Tools, Inc., versión 1. 1 que fue utilizado para la generación de la tarea.

Las partituras de cada uno de los estímulos están incluidas en el anexo 1 de esta tesis.

### **Escala de Evaluación Subjetiva de la expresión emocional de las piezas musicales**

La escala para evaluar la expresión emocional de las piezas musicales percibida por el sujeto consistió en las Escalas de percepción subjetiva de la expresión musical de Ramos et al. (1996) y Flores-Gutiérrez et al. (2007) modificadas. El sujeto evaluó en una línea continua con 10 puntos

El sujeto evaluó sobre una línea continua con 10 puntos que iban del 0 al 10, el grado o cantidad de expresión musical de los siguientes adjetivos: Alegría, tristeza, miedo, enojo, cariño, aceptación, rechazo y sorpresa. Se agregaron los siguientes enunciados para control de la atención y agrado/desagrado del participante respecto de la pieza musical: “La pieza fue agradable”, “La pieza fue desagradable” y “Me distraje”; estos enunciados también fueron evaluados en base a una línea continua de 10 puntos, escala similar a la de las emociones. Las respuestas del sujeto quedaron registradas a través del programa **E-Prime®** cuando el bloque correspondiente a un nivel de línea específico cambió de color negro a color rojo, indicando la selección de la respuesta.

### **Diseño**

Experimental, comparación de medidas repetidas

## **Tarea de reconocimiento de emociones expresadas por la música**

Una vez que el sujeto estuvo preparado con los electrodos colocados de acuerdo al sistema 10-20 y dentro de la cámara sonoamortiguada, sentado frente a la computadora a 30 cm. de las bocinas, se les solicitó dar lectura a las instrucciones que aparecían en pantalla en donde se les pedía mantenerse quietos y con los ojos cerrados durante la escucha de los estímulos auditivos, y, posterior a cada pieza musical, evaluar la expresión emocional de dichas piezas en una escala de 0 a 10 según cada adjetivo que apareciera en pantalla. Una vez leídas las instrucciones, se aclaró cualquier duda al respecto y se comenzó con la tarea de presentación de estímulos auditivos mientras se realizaba el registro electroencefalográfico.

Los estímulos musicales se incluyeron dentro de una secuencia de tarea que incorporó tanto la reproducción de las 40 piezas musicales, como la evaluación subjetiva de las emociones expresadas por cada pieza.

En la Figura 1 se muestra la secuencia de la tarea que incluye los puntos que se describen a continuación:

1. *Pantalla de pre-inicio de secuencia.* Con duración indefinida, continuando cuando el sujeto estuviera listo para empezar con la secuencia de estímulos dando un “click” con el botón izquierdo del mouse. Se le dio la instrucción de cerrar los ojos y mantenerse quieto durante la escucha del estímulo auditivo.
2. *Presentación de una de las 40 piezas musicales con duración de 15-17 seg.* Se presentaron en orden aleatorio, sin repetición de ninguna de las piezas. Se añadió una indicación de inicio de cada pieza en el registro electroencefalográfico.
3. *Evaluación subjetiva de la expresión emocional de la pieza previa, no la emoción experimentada por el participante.*

La secuencia anterior fue realizada para cada una de las piezas musicales.



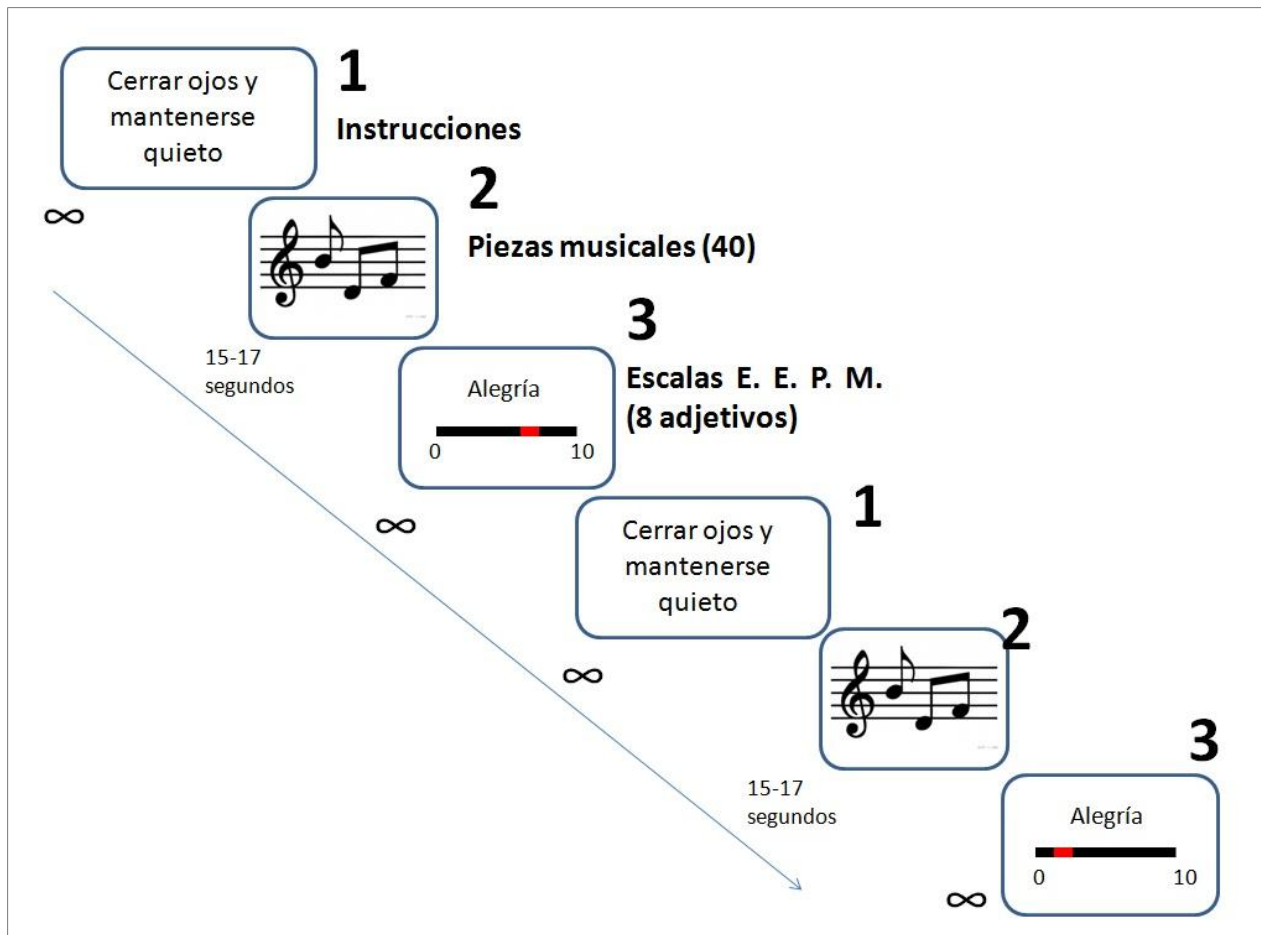


Figura 2. Secuencia de la tarea de reconocimiento de emociones expresadas por la música, conformada por el pre-inicio de secuencia (1), la reproducción de la pieza musical (2) y la evaluación de la expresión emocional de la pieza musical (3). La secuencia fue realizada para cada una de las piezas musicales.

### Registro Electroencefalográfico

Se realizó el registro electroencefalográfico de cada sujeto a través del polígrafo digital MEDICID 5© Neuronic Mexicana, para el registro de la actividad eléctrica cerebral con filtros ubicados en 0.5 y 70 Hz (-3 dB, roll off -6 dB/oct) a una frecuencia de muestreo de 600 Hz.

## **Procedimiento**

Se colocaron 19 electrodos de copa recubiertos con cloruro de plata, en las locaciones Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz y Pz de acuerdo al Sistema Internacional 10–20, con referencia en la región del lóbulo de la oreja ipsilateral. Además se colocaron dos electrodos adicionales para registrar los movimientos oculares (EOG), uno para los movimientos horizontales y uno para los verticales, remitidos al mismo lóbulo de la oreja (A1). Los sujetos estuvieron sentados cómodamente en una cámara sonoamortiguada y con luz tenue. La tarea fue presentada por computadora a través del software *E-Prime®*, las piezas musicales fueron reproducidas con ayuda de bocinas de computadora situadas a 30 cm. frente al sujeto, se le dio la libertad al sujeto de ajustar el volumen de las bocinas según lo más adecuado para él. Una vez que el sujeto se familiarizó con el programa, se le dio la indicación de leer las instrucciones referentes a la tarea, se aclararon dudas respecto a la tarea, se repitió al sujeto en qué consistiría el experimento y las indicaciones necesarias para el registro de su actividad cerebral (mantener sus ojos cerrados y de evitar realizar movimientos innecesarios durante la escucha de los estímulos) y de la evaluación de la expresión emocional musical, hasta entonces se comenzó la secuencia de manera individual.

## **Análisis de datos**

### *Análisis de la emoción expresada*

Los puntajes recopilados en las escalas de evaluación de la expresión emocional de cada una de las 4 variaciones musicales (CMAY, CMEN, DMAY, DMEN) de los 10 grupos de piezas musicales, se promediaron por sujeto para cada adjetivo.

Con estos datos se realizó un Análisis de Componentes Principales, por medio del cual se identificaron dos componentes principales que fueron sometidos a rotación VARIMAX. Una vez identificados los componentes principales, se realizó un análisis de

varianza de dos factores (consonancia/disonancia por modo mayor/menor) para cada uno de los componentes con los puntajes correspondientes a éstos.

### *Análisis del Electroencefalograma (EEG)*

El EEG se digitalizó con una frecuencia de muestreo de 600 Hz y se almacenó en una computadora personal con el programa de adquisición (Trackwalker versión 5.1) para la duración completa de la tarea.

La señal de actividad eléctrica cerebral obtenida por medio del registro electroencefalográfico, se segmentó en épocas de 2 segundos y fue sujeta a una limpieza de señal a través del programa Edición del EEG 6.0 de Neuronic © 1998, 2007, por medio del cual se seleccionaron mediante inspección visual, los segmentos libres de artefactos debidos al movimiento ocular o a interferencia de la señal eléctrica muscular en la señal eléctrica cerebral y se agruparon los segmentos correspondientes a las 4 variaciones: CMAY, CMEN, DMAY, DMEN.

Se obtuvo la referencia promedio y se obtuvieron los espectros de potencia para cada sujeto y variación musical por medio del programa NEURONIC EEG Cuantitativo Tomográfico para las siguientes bandas anchas: delta (2-3 Hz), theta (4-7 Hz), alpha (8-12 Hz), beta (13-20 Hz) y gamma (21-50 Hz).

Las fuentes de corriente corticales para las 4 variaciones musicales y su localización cortical se obtuvieron en un cerebro promedio con el programa VARETA (Bosch-Bayard et al., 2001; BET Viewer 1.3.2.1 ©1998,2007) con una resolución de 1 Hz de 1 a 50 Hz.

El método de tomografía electromagnética de resolución variable (VARETA Variable Resolution Electromagnetic Tomography) es una técnica para calcular la distribución de la corriente primaria en los generadores de fuentes de los datos de EEG. Al igual que la tomografía electromagnética de baja resolución (LORETA por sus siglas en inglés). VARETA permite cálculos no lineales espacialmente adaptables de las fuentes de corriente y elimina soluciones fantasma (patrones de interferencia por artefactos), los cuales están usualmente presentes en soluciones inversas distribuidas linealmente.

Debido a este proceso, VARETA produce soluciones focales para fuentes específicas/puntuales. Además, los límites anatómicos están localizados en las soluciones disponibles introduciendo un peso de materia gris para cada voxel (número de fuentes, 3, 244). El efecto de estos pesos en la solución inversa es prohibir fuentes en donde el error sea cero (por ejemplo, el fluido cerebroespinal o la materia blanca). La actividad EEG fue re-referenciada al promedio para todos los electrodos a cada momento para este análisis, según lo requiere VARETA y otros métodos de solución inversa.

Para traducir la solución inversa en diferentes sujetos comparables para estadística en todas las fuentes, VARETA usa un parámetro de regularización: después de la transformación de la referencia promedio, la potencia geométrica se estandariza por medio de un factor de escala global para controlar las diferencias individuales en valores de potencia debidas al grosor del cráneo, el volumen del cabello, la impedancia del electrodo y otros factores de varianza que pueden afectar la amplitud del EEG pero que no están relacionadas a cuestiones electrofisiológicas. Este procedimiento VARETA ha sido descrito y detallado anteriormente (Bosch-Bayard et al., 2001), y ha sido utilizado satisfactoriamente para la localización de fuentes en pacientes psiquiátricos (Bolwig et al., 2007; Ricardo-Garcell et al., 2009; Corsi-Cabrera, 2012).

### *Análisis estadístico*

Se realizaron ANOVAs de medidas repetidas de dos por dos (consonancia/disonancia por modo; gl 1, 19) para la potencia absoluta de cada banda ancha y derivación, y ANOVAs de un factor para la densidad de fuentes distribuidas. Cuando las interacciones fueron significativas se compararon los pares CMAY-CMEN, CMAY-DMAY, CMAY-DMEN, CMEN-DMAY, CMEN-DMEN, DMAY-DMEN mediante pruebas t. Se consideraron significativos los resultados con una  $p < 0.05$ .

Los análisis estadísticos de la potencia absoluta de banda ancha y de distribución de la densidad de las fuentes de corriente se realizaron con el programa Neuronic Estadística ©1998,2007.

## RESULTADOS

### Evaluación Subjetiva

A partir de los puntajes recopilados en las escalas sobre la evaluación de la expresión emocional de las 4 variaciones de las 10 piezas musicales divididas (CMAY, CMEN, DMAY, DMEN) se identificaron dos componentes principales que explicaron el 59.68% de la varianza total. Como puede verse en la Tabla 1, el primer componente explicó el 35.27% de la varianza total y estuvo integrado por los adjetivos de miedo, enojo, rechazo, desagrado, tristeza y distracción. Mientras que el segundo componente, que explicó el 24.41% de la varianza total, estuvo compuesto por los adjetivos: alegría, cariño, agrado, sorpresa y tranquilidad. Los adjetivos que se agruparon en cada componente están resaltados en negritas. Dichos componentes podrían denominarse como *desagradable* el componente uno, y *agradable* el dos, según las emociones que los integran, concordantes con estudios previos que realizaron mediciones con escalas de evaluación subjetiva y adjetivos en relación a la música (Ramos et al., 1996, Flores-Gutiérrez, 2007).

Tabla 2. Resultados del Análisis de Componentes Principales en los que se identificaron dos componentes principales: desagradable y agradable, que explicaron el 59.68 % de la varianza total.

ADJETIVOS	C1: Desagradable	C2: Agradable
<b>Porcentaje de varianza</b>	<b>35.27%</b>	<b>24.41%</b>
ALEGRÍA	-0.215	<b>0.795</b>
CARIÑO	-0.393	<b>0.793</b>
TRANQUILIDAD	-0.469	<b>0.696</b>
ENOJO	<b>0.902</b>	0.135
MIEDO	<b>0.825</b>	-0.102
RECHAZO	<b>0.824</b>	-0.007
TRISTEZA	<b>0.73</b>	0.031
SORPRESA	0.293	<b>0.568</b>
DISTRACCIÓN	0.357	<b>0.511</b>
AGRADO	0.316	<b>0.571</b>
DESAGRADO	<b>0.675</b>	-0.026

En el análisis de varianza de dos factores para el componente uno, tanto el efecto principal de consonancia, como el de modo fueron significativos; la interacción consonancia por modo también fue significativa (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis de Varianza de dos factores (consonancia/disonancia por modo) para grupos relacionados a partir de las medias por tipo de pieza.

	Consonancia/disonancia (gl 1,19)		Modo (gl 1,19)		Consonancia/disonancia por modo (gl 1,19)	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Componente 1	141.41	0.00001	33.12	0.00001	31.49	0.00001
Componente 2	11.67	0.0015	3.20	0.0752	3.19	0.0757

Los recuadros en gris muestran las diferencias significativas.

Para mostrar claramente los efectos de la consonancia/disonancia y el modo, se obtuvieron las medias de los adjetivos que integran cada componente para cada tipo de pieza y para cada componente principal, las diferencias significativas se señalan en base a los resultados del análisis de Varianza de dos factores (consonancia/disonancia por modo) referidos en la Tabla 2. Como puede verse en la Figura 3, el componente *desagradable* fue mayor para la disonancia que para la consonancia (Figura 3a) y para el modo menor que para el modo mayor (Figura 3b). Las comparaciones post-hoc de la interacción mostraron que el componente desagradable es menor para la consonancia mayor en comparación con la consonancia menor, y la disonancia tanto mayor como menor (ver Figura 3c).

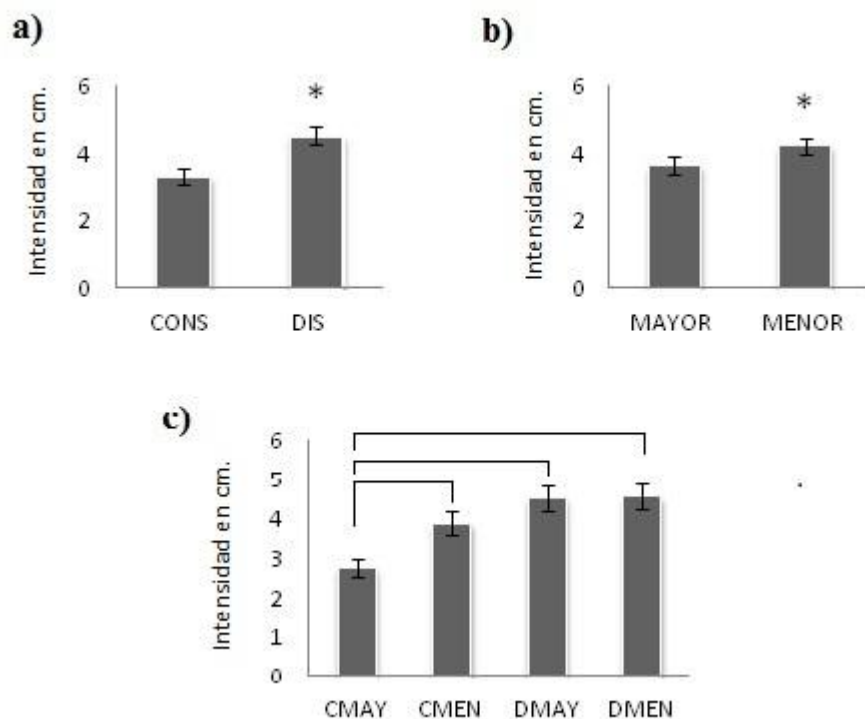


Figura 3. Efecto principal de la consonancia/disonancia (a), el modo (b) y la interacción de consonancia/disonancia por modo (c) para el componente 1 *desagradable* (miedo, enojo, rechazo, desagrado, tristeza y distracción). Se muestran las medias y errores estándar para cada tipo de pieza musical.

En el análisis de varianza del segundo componente (Tabla 2), el efecto principal de consonancia/disonancia fue significativo  $p < 0.00015$ , en tanto que el modo y la interacción consonancia por modo no mostraron diferencias significativas. La Figura 4 muestra las medias y los errores estándar; el componente *agradable* fue significativamente mayor para la consonancia (Figura 4a) que para la disonancia (Figura 4b) y la interacción (Figura 4c).

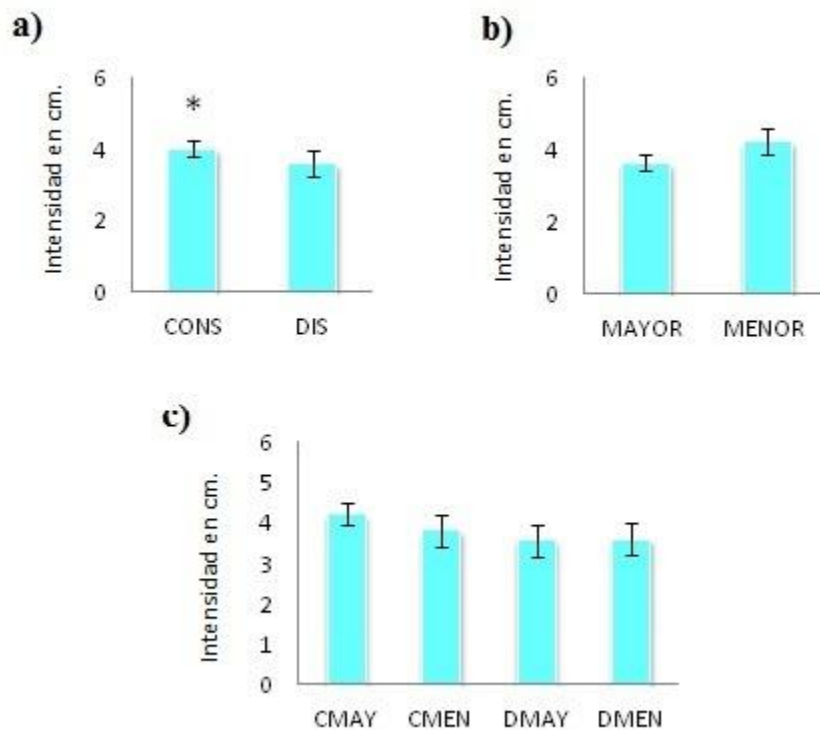


Figura 4. Efecto principal de la consonancia/disonancia (a), el modo (b) y la interacción de consonancia/disonancia por modo (c) para el componente 2 *agradable* (alegría, cariño, agrado, sorpresa y tranquilidad). Se muestran las medias y errores estándar para cada tipo de pieza musical.

## Electroencefalograma (EEG)

### *Análisis espectral*

Los resultados de los ANOVAs modo por consonancia/disonancia para cada banda ancha fueron significativos para el efecto principal de consonancia/disonancia en las bandas theta y beta. La interacción modo por consonancia/disonancia fue significativa para la banda alfa. El efecto principal de modo no fue significativo para ninguna banda.

La potencia absoluta de theta fue significativamente mayor para la consonancia que para la disonancia en la derivación Cz ( $F, (gl\ 1,19) = 7.272; p = 0.05$ ) (Figura 5A), y la de beta en F4 ( $F, (gl\ 1,19) = 4.734; p = 0.05$ ) (Fig. 5B).



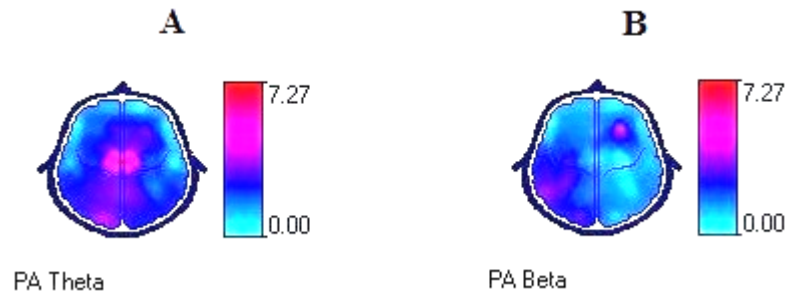


Figura 5. Efecto principal de la consonancia/disonancia en las bandas de theta (A) y beta (B), calculado a partir de los datos de potencia absoluta. Las diferencias significativas se muestran en rosa y rojo. La escala representa el nivel de significancia  $p < 0.05$ .

Las comparaciones post-hoc de la interacción de consonancia/disonancia por modo de la banda alfa ( $F, (gl\ 1,19) = 6.408; p = 0.05$ ) (Fig. 6A) mostraron que la potencia absoluta de alfa se incrementa con la consonancia menor en comparación con la disonancia menor (Fig.6B).

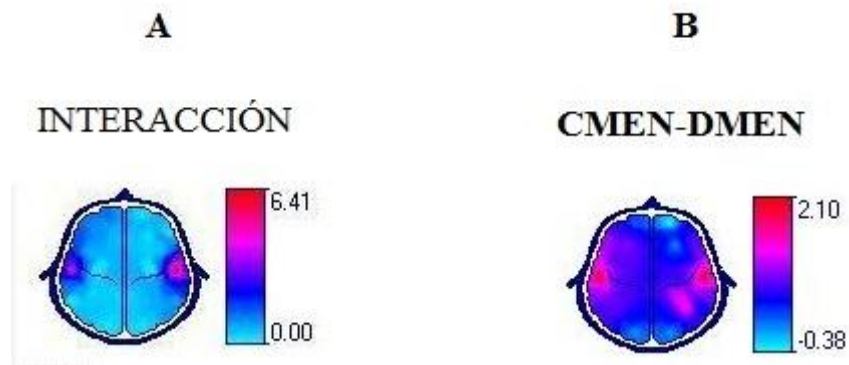


Figura 6. Resultados de la interacción consonancia/disonancia por modo (A). Se observa un incremento significativo de la actividad alfa en el electrodo T4 para la consonancia menor (CMEN) respecto a la disonancia menor (DMEN) (B). Las diferencias significativas se muestran en rosa y rojo. La escala representa el nivel de significancia  $p < 0.05$ .

## Tomografía eléctrica

Se observan en los análisis de varianza de un factor (modo mayor, modo menor, consonancia y disonancia), diferencias significativas de la densidad de las fuentes corticales de corriente en las frecuencias correspondientes a las bandas de alfa, beta, y gamma, activadas durante el reconocimiento de las emociones expresadas por la música. Las frecuencias y las regiones en las que se encontraron dichas diferencias fueron divididas en las Tablas 4 y 5, con base a su localización hemisférica.

Como puede verse ilustrado, para frecuencias representativas, en la Figura 7 y en las Tablas 4 y 5, durante la detección de diferentes emociones de acuerdo con las variaciones prosódicas de las piezas musicales se activan primordialmente los giros frontales superior, medio, inferior y medial, la corteza órbita frontal lateral y medial, el cíngulo anterior y la ínsula del hemisferio derecho. En el hemisferio izquierdo se activan la región del cíngulo, los giros pre-central y post-central, el lóbulo parietal y los giros angular, occipital superior y medio y la precuña.

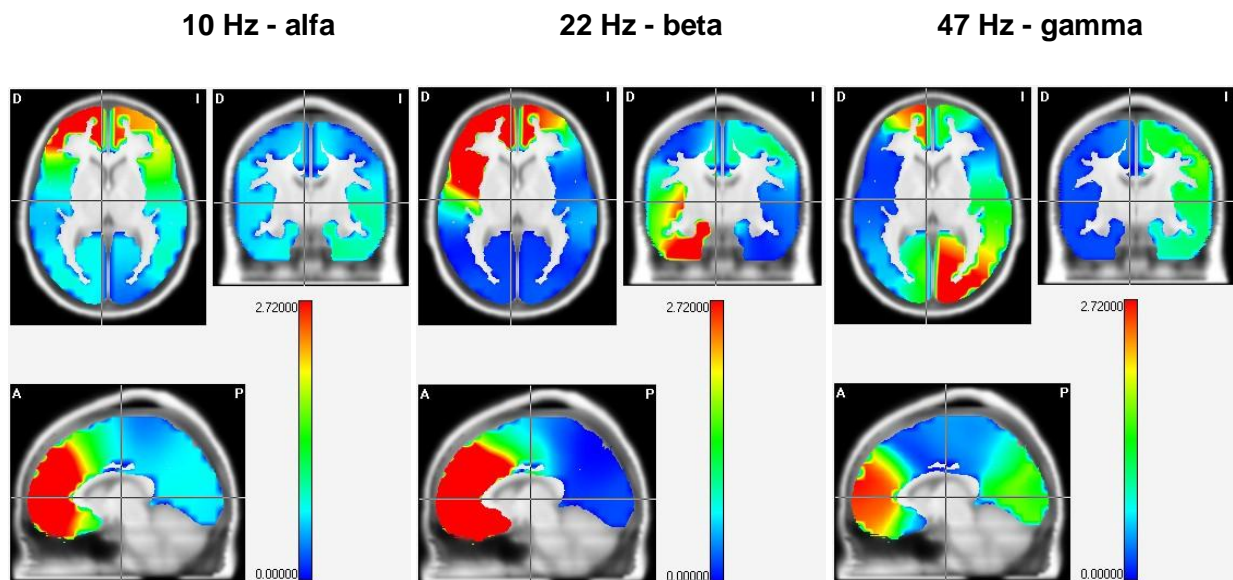


Figura 7. Mapas estadísticos de tomografía cerebral calculados a partir de la localización de fuentes de corriente para frecuencias representativas en las bandas alfa (10 Hz), beta (22 Hz) y gamma (47 Hz). Las diferencias significativas resultantes del ANOVA entre los cuatro tipos de piezas CMAY, CMEN, DMAY, DMEN, se muestran en rojo. La escala representa el nivel de significancia  $p < 0.05$ . D, derecho; I, izquierdo; A, anterior; P, posterior.

Tabla 4. Regiones del hemisferio derecho cerebral que muestran diferencias significativas en la densidad de corriente en el ANOVA entre los cuatro tipos de piezas CMAY, CMEN, DMAY, DMEN para frecuencias de alfa (10,12 Hz), beta (13-30 Hz) y gamma (31-38 Hz).

HEMISFERIO DERECHO	10 Hz	12 Hz	13 Hz	14 Hz	16 Hz	17 Hz	18 Hz	19 Hz	20 Hz	22 Hz	23 Hz	24 Hz	25 Hz	26 Hz	27 Hz	28 Hz	29 Hz	30 Hz	31 Hz	33 Hz	34 Hz	35 Hz	36 Hz	37 Hz	38 Hz
Superior frontal gyrus	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Middle frontal gyrus	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Inferior frontal gyrus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*
Medial frontal gyrus	*	*		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Lateral orbital gyrus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Medial orbital gyrus	*		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Cingulate región	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Insula		*	*						*																
Superior temporal gyrus														*											
Middle temporal gyrus														*											

CMAY, consonante mayor; CMEN, consonante menor; DMAY, disonante mayor; DMEN, disonante menor. Los \* señalan diferencias significativas  $p < 0.05$

Tabla 5. Regiones del hemisferio izquierdo cerebral que muestran diferencias significativas en la densidad de corriente en el ANOVA entre los cuatro tipos de piezas CMAY, CMEN, DMAY, DMEN para frecuencias de alfa (10 Hz), beta (19-30 Hz) y gamma (31-48 Hz).

HEMISFERIO IZQUIERDO	10 Hz	19 Hz	20 Hz	22 Hz	25 Hz	26 Hz	28 Hz	29 Hz	30 Hz	31 Hz	33 Hz	34 Hz	35 Hz	38 Hz	44 Hz	45 Hz	46 Hz	47 Hz	48 Hz
Superior frontal gyrus		*										*		*					
Middle frontal gyrus														*					
Medial frontal gyrus		*										*							
Lateral orbital gyrus	*	*							*										
Medial orbital gyrus	*																		
Cingulate region	*		*	*			*	*		*		*		*					
Pre-central gyrus												*							
Post-central gyrus												*			*				
Superior parietal lobule					*	*						*	*		*	*	*		*
Angular gyrus					*	*								*	*	*			*
Superior occipital gyrus						*									*	*	*		*
Middle occipital gyrus					*										*	*	*		*
Precuneus															*	*			*

CMAY, consonante mayor; CMEN, consonante menor; DMAY, disonante mayor; DMEN, disonante menor. Los \* señalan diferencias significativas  $p < 0.05$

Los resultados del análisis post-hoc entre las variaciones prosódicas musicales CMAY-DMAY y CMEN-DMEN mostraron diferencias significativas que se describen a continuación.

La densidad de corriente aumenta con la consonancia mayor en comparación con la disonancia mayor en regiones frontales derechas para 10 Hz en alfa, para casi todas las frecuencias de beta y para 41 y 42 Hz. Para las frecuencias más rápidas de gamma, la densidad de corriente fue mayor en regiones de asociación posteriores izquierdas (ver Tabla 7).

Las diferencias entre la consonancia y disonancia en modo menor mostraron mayor densidad de corriente con la disonancia en regiones frontales derechas y en el lóbulo parietal superior derecho en 10 y 11 Hz, en algunas frecuencias de beta y en 41 Hz (ver tabla 8).

Tabla 7. Regiones cerebrales que muestran diferencias significativas en la densidad de corriente entre CMAY respecto a DMAY, resultados post-hoc, en frecuencias alfa (10 Hz), beta (13-30 Hz) y gamma (31-48 Hz).

	10 Hz		13 Hz		17 Hz		18 Hz		19 Hz		20 Hz		21 Hz		22 Hz		27 Hz		28 Hz		30 Hz		31 Hz		41 Hz		42 Hz		44 Hz		46 Hz		48 Hz	
	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D		
Superior frontal gyrus								*				*											*		*		*							
Middle frontal gyrus		*				*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*
Inferior frontal gyrus		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*
Medial frontal gyrus								*								*			*		*		*		*		*		*		*		*	
Lateral orbital gyrus		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*
Medial orbital gyrus						*						*											*		*		*		*		*		*	
Cingulate región							*		*														*		*		*		*		*		*	
Superior parietal lobule																													*		*		*	
Angular gyrus																												*		*		*		
Superior occipital gyrus																													*		*		*	
Precuneus																												*		*		*		

CMAY, consonante mayor; DMAY, disonante mayor; DMEN, disonante menor; I, izquierdo; D, derecho. Los \* señalan diferencias significativas  $p < 0.05$

Tabla 8. Regiones que muestran diferencias significativas en la densidad de corriente entre CMEN respecto a DMEN, resultados post-hoc, en frecuencias alfa (10-11 Hz), beta (14-23 Hz) y gamma (31,41 Hz)

	10	11	14	16	18	19	21	22	23	31	41	
	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	
	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Superior frontal gyrus	*		*				*		*			*
Middle frontal gyrus	*		*			*		*				*
Inferior frontal gyrus	*				*	*	*					*
Medial frontal gyrus	*		*				*	*	*	*		*
Lateral orbital gyrus				*	*	*		*	*		*	*
Medial orbital gyrus				*				*			*	*
Cingulate región						*	*		*	*	*	*
Superior parietal lobe									*			

CMEN, consonante menor; DMEN, disonante menor; I, izquierdo; D, derecho. Los \* señalan diferencias significativas  $p < 0.05$

## DISCUSIÓN

Se confirmó que la prosodia musical, a través de la manipulación del modo (mayor/menor) y consonancia/disonancia, modifica la expresión de la emoción de la misma pieza musical. Los sujetos reconocieron emociones de alegría, cariño, agrado, sorpresa y tranquilidad expresadas en las piezas consonantes. De igual manera, los sujetos identificaron sentimientos de miedo, enojo, rechazo, desagrado, tristeza y distracción, en piezas disonantes independientemente del modo. Estos resultados son congruentes con lo que se ha reportado sobre la consonancia/disonancia; se ha establecido que la consonancia se percibe como agradable y está relacionada a eventos agradables y a estabilidad, en tanto que la disonancia se percibe como displacentera y se relaciona a eventos desagradables, (Maher, 1980) e incluso podría representar un estímulo potencialmente alarmante (Pallesen et al., 2005).

Las variaciones en el modo menor expresan emociones desagradables en mayor grado que las variaciones en modo mayor, aún en piezas consonantes. Estas observaciones concuerdan con los planteamientos previos de la literatura, que ha difundido que el modo mayor usualmente es percibido como expresión de alegría, mientras que el modo menor expresa tristeza, que en este estudio quedó incluida dentro del componente desagradable (Thompson & Robitaille, 1992).

Una vez que se demostró que la expresión emocional de la música depende de la variación prosódica, en este caso, modo (mayor/menor) y consonancia/disonancia y que es identificable por los escuchas, los correlatos neurales que acompañan al reconocimiento de dicha expresión emocional de la música mostró que el reconocimiento de la expresión emocional por modificaciones en la prosodia musical está asociado a la activación de la región frontal derecha (F4) donde se incrementó la actividad beta, de las áreas auditivas derechas (T4) donde se incrementó la actividad alfa, y de la línea media anterior (Cz) donde se incrementó la actividad theta. La actividad beta se ha asociado con estados corticales de activación (Steriade, 1990; Steriade, 2000), las frecuencias rápidas de alfa con procesos cognitivos en relación al estímulo (Klimesch, 1997) y al procesamiento de demandas semánticas (Klimesch et al., 1992; Klimesch et al., 1994; Klimesch et al., 1997 a, b), en tanto que la actividad

theta es considerada como el lenguaje del sistema límbico y regiones paralímbicas (Buzsáki, 2002).

El análisis topográfico de las fuentes de corriente coincidió en un incremento de la densidad de corriente de las frecuencias rápidas de alfa, de beta y de gamma bilateralmente en el cíngulo anterior; en la región anterior del hemisferio derecho en la circunvolución superior, media, inferior, y medial, así como en la región órbito-medial y órbito-lateral mientras que en el hemisferio izquierdo la densidad de corriente aumentó en las regiones posteriores de asociación, lóbulo parietal superior, giro angular, giro occipital superior y precuña.

La activación del cíngulo anterior se ha relacionado a emoción, atención y control motor (Sammler et al., 2007), así como al procesamiento de emociones agradables en el ámbito musical (Blood & Zatorre, 2001; Blood et al., 1999). El cíngulo anterior izquierdo, específicamente, participa en la percepción y reconocimiento de emociones básicas a nivel de lenguaje (Phan et al., 2002), en el arousal autónomo y en el monitoreo de errores (Ongur & Price, 2000; Vogt, 2005; Vogt et al., 2005).

El hemisferio derecho se ha caracterizado por su participación en la comparación de patrones acústicos (Nicholson et al., 2003), el procesamiento armónico y melódico (Dalla Bella & Peretz, 2003) y la discriminación de intervalos musicales (Murayama et al., 2004). El giro frontal superior se ha relacionado al procesamiento del modo (Khalfa, 2005), el giro frontal medio a la decodificación de música instrumental “feliz” (Brattico et al., 2011), la corteza prefrontal inferior a la percepción de la prosodia del habla (Hesling et al., 2005), el giro frontal inferior a la representación de una intención o meta (Liepelt et al., 2008), la corteza prefrontal medial a la modulación de emociones, recompensa y anticipación (Mitchell, 2011), mientras que la corteza órbito-frontal se ha asociado a emociones provocadas por reforzadores secundarios, a la representación del valor del estímulo y a estados subjetivos emocionales (Rolls & Grabenhorst, 2008).

La activación de la corteza temporal derecha está asociada a la prosodia tanto en lenguaje como en música (Hesling et al., 2005; Khalfa et al., 2008; Pell, 2006). Se ha descrito que la corteza temporal cerebral derecha se relaciona directamente al

procesamiento del tono en la música (Zatorre, 1988). Koelsch et al. (2002) proponen que el procesamiento musical se apoya en conexiones corticales del lóbulo temporal posterior de ambos hemisferios.

Además, las regiones de asociación observadas en el hemisferio izquierdo están relacionadas con la integración sensorial, el contenido semántico y el procesamiento de características sonoras. El lóbulo parietal superior tiene una función en la integración sensomotora (Wolpert, Goodboy & Husain, 1998), el giro angular ha sido denominado como un área de asociación heteromodal (Binder et al., 2009), el giro occipital superior ha sido descrito como parte de una red semántica común entre palabras e imágenes (Vandenberghe, 1996) y la precuña izquierda se ha asociado a la discriminación de tonos (Platel et al., 1997) y al procesamiento de la consonancia/disonancia (Blood et al., 1999).

La identificación de la consonancia/disonancia en modo mayor - aumento de alfa rápido y beta- activó prácticamente las mismas regiones anterior derechas que se activaron durante la identificación general de todas las variaciones, pero la activación de las regiones posteriores izquierdas se observó solamente en frecuencias de gamma.

Estos resultados indican que durante el reconocimiento de emociones expresadas por la música hay una activación de regiones corticales involucradas en la evaluación emocional de los estímulos, así como en el procesamiento de patrones acústicos implicados en la prosodia del habla.

El procesamiento de la consonancia y disonancia musicales parecen recaer en el giro frontal inferior derecho y el cíngulo. Estudios neuropsicológicos y de imagen cerebral con pacientes amúsicos, refieren al giro frontal inferior derecho implicado en el reconocimiento de tonos “desafinados” en una frase musical, dado que dichos pacientes mostraron una disminución de la sustancia blanca, una menor activación y un aumento de la sustancia gris en tales áreas (Hyde et al., 2006; Hyde et al., 2011, citados en García-Casares, 2011). Se propone que en la consonancia/disonancia, los sujetos comprometieron el funcionamiento eléctrico cerebral de dichas áreas corticales durante la decodificación de la consonancia/disonancia de las piezas musicales, tal vez



percibiendo dichas piezas como “desafinadas”. Además, investigaciones con tomografía por emisión de positrones observaron la activación del cíngulo durante la escucha de un pasaje consonante en comparación con uno disonante (Blood et al., 1999).

Los resultados tanto de la potencia absoluta, así como de la localización de fuentes muestran, como se esperaba, que la variación prosódica está asociada a diferentes patrones de actividad eléctrica cerebral. La identificación de la consonancia/disonancia en modo menor, requirió de menor activación y el aumento se observa solamente en alfa rápido y en algunas frecuencias de beta en las regiones anteriores derechas y solamente en una frecuencia de beta en el lóbulo parietal superior izquierdo.

La identificación de los modos mayor y menor, que sí transmiten diferentes emociones de acuerdo con la evaluación conductual, no muestran grandes diferencias electroencefalográficas. La falta de diferencias en la actividad eléctrica cerebral podría deberse a que para identificar dichas variaciones por escuchas no músicos, requiere del mismo grado de activación cortical.

La actividad eléctrica cortical y las regiones corticales que se activaron durante el reconocimiento de las emociones expresadas por las variaciones musicales es semejante a la activación cortical que se ha observado durante la experiencia emocional subjetiva inducida por la música. La actividad theta en la línea media anterior se ha asociado a la experiencia placentera de escuchar música (Ramos et al., 1996), así como a otras modalidades de estimulación (Clemente, Serman & Wyrwicka, 1964; Mulsby, 1971; Walter, 1953) Las emociones agradables inducidas por la música provocan mayor activación metabólica de las regiones frontales y temporales izquierdas y un incremento de la sincronía de las frecuencias de alfa rápido entre áreas de asociación posterior izquierda y prácticamente todas las regiones anteriores izquierdas.

Es necesario mencionar que estos resultados se deben considerar exploratorios debido a que resultan de un gran número de comparaciones estadísticas y no se hizo ninguna corrección para evitar errores tipo I; sin embargo, se decidió no hacerlo para no caer en errores tipo II. Por lo que sería necesario realizar análisis estadísticos más

estrictos de permutaciones en un futuro. Así mismo, se debe tomar en cuenta que solamente se manipularon dos aspectos de la prosodia musical y que sería necesario realizar otras investigaciones que incluyan otros elementos prosódicos como el tempo.

Cabe mencionar la importancia de estudios posteriores que involucren el análisis de correlación de los datos de potencia absoluta para conocer el acoplamiento temporal entre regiones.

## CONCLUSIONES

La variación de la estructura musical tiene repercusiones en la expresión emocional de la misma, así como, en la percepción de tal expresión por el escucha, que, independientemente de la emoción que ésta pudiera inducirle, es capaz de detectar tales variaciones e identificar un significado emocional diferente. La identificación de las emociones expresadas por las variaciones musicales involucra la activación de regiones del hemisferio derecho en la corteza pre-frontal, el cíngulo bilateral y regiones del hemisferio izquierdo como el lóbulo parietal superior, el giro occipital superior, el giro angular y la precuña.

Las aproximaciones al funcionamiento neural de esta investigación son esenciales para esclarecer el procesamiento de los estímulos musicales en relación a la emoción musical, proceso que inicia con el reconocimiento de las emociones expresadas por el estímulo musical. El presente trabajo muestra que durante el reconocimiento de emociones expresadas por la música hay una activación de regiones corticales involucradas en la evaluación emocional de los estímulos, así como en el procesamiento de patrones acústicos implicados en la prosodia del habla y en la integración sensorial a niveles superiores. Estos resultados indicarían la probable presencia de un mecanismo común en el lenguaje musical y en el lenguaje hablado a través de la prosodia musical y de la prosodia emocional del lenguaje, en el que las características acústicas dotadas de una expresión emocional serían decodificadas e integradas por una función neural específica que converge en una red de estructuras corticales de entre las cuales se encontrarían regiones frontales y temporales en el hemisferio derecho, regiones posteriores del hemisferio izquierdo y regiones bilaterales del cíngulo.

## REFERENCIAS

Alltenmüller et al. (2002) Hits to the left, flops to the right: different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns. *Neuropsychologia* 40, pp. 2242-2256.

Andrade, P. E. & Bhattacharya, J. (2003) Brain tuned to music. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 40, pp. 2242-2256.

Bhattacharya J. & Petsche, H. (2001) Universality in the brain while listening to music. *Proceedings of the Royal Society Lond. Biological Sciences* 268, pp. 2423-2433.

Blinder, J. R. et al. (2009) Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex* 19, pp. 2767-2796.

Blood A. J. et al. (1999) Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience* 2(4), pp. 382-387.

Blood, A. J. & Zatorre, R. J. (2001) Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *PNAS* 98(20), pp. 11818-11823.

Bolwig, T. G. (2007) Toward a better understanding of the pathophysiology of OCD SSRI responders: QEEG source localization. *Acta Pyschiatrica Scandinavica* 115, pp. 237-42.

Bosch-Bayard, J. et al. (2001) 3D statistical parametric mapping of EEG source spectra by means of variable resolution electromagnetic tomography (VARETA). *Clinical Electroencephalography* 32, pp. 47-61.

Brattico, E. et al. (2011) A functional MRI study of happy and sad emotions in music with and without lyrics. *Frontiers in Psychology* 2 (308), pp. 1-16

Brown, S. (2000). *The "musilanguage" model of music evolution*. En N. L. Wallin, B. Merker, and S. Brown (Eds.) **The Origins of Music** (pp. 271-300). Cambridge, MA: MIT Press.

Buzsáki, G. (2002) Theta Oscillations in the Hippocampus. *Neuron* 33, pp. 325-340.

Clemente, C.D., Serman, M. B. & Wyrwicka, W. (1964) Post-reinforcement EEG synchronization during alimentary behavior. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology* 16, pp. 355-365.

Corsi-Cabrera, M. et al. (2012) Enhanced Frontoparietal Synchronized Activation During the Wake-Sleep Transition in Patients with Primary Insomnia. *SLEEP*, 35 (4), pp. 501-511.

Dalla Bella, S. & Peretz, I. (2003) Congenital amusia interferes with the ability to synchronize with music. *Annals of the New York Academy of Sciences* 999, pp. 166-169.

Fitch, W. T. (2006) The biology and evolution of music: a comparative perspective. *Cognition*, 100(1), pp. 173-215.

Flores-Gutiérrez, E. O. et al. (2007) Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. *International Journal of Psychophysiology* 65, pp. 69-84.

Gabrielsson, A., & Lindström, E. (2001) *The influence of musical structure on emotional expression*. En P. N. Juslin & J. A. Sloboda (Eds.) **Music and emotion: Theory and research** (pp. 223–248). London: Oxford University Press.

García-Cásares, N. et al. (2011) Modelo de cognición musical y amusia. *Neurología*. doi:10.1016/j.nrl.2011.04.010

Hesling, I. et al. (2005) Cerebral mechanisms of prosodic integration: evidence from connected speech. *NeuroImage* 24, pp. 937-947.

Juslin, P. N., & Laukka, P. (2003). Communication of emotion in vocal expression and music performance: Different channels, same code? *Psychological Bulletin*, 129, 770-814.

Juslin, P. N. & Västfjäll, D. (2008) Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences* 31, pp. 559-621.

Khalifa, S. et al. (2005) Brain regions involved in the recognition of happiness and sadness in music. *NeuroReport* 16 (18), pp. 1981-1984.

Khalifa, S. et al. (2008) Evidence of lateralized anteromedial temporal structures involvement in musical emotion processing. *Neuropsychologia* 46, pp. 2485-2493.

Klimesch, W. (1997) EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology* 26, pp. 319-140.

Klimesch, W., Pfurtscheller, G., Schimke, H. (1992) Pre- and poststimulus processes in category judgement tasks as measured by event-related desynchronization (ERD). *Journal of Psychophysiology* 6, pp. 186-203.

Klimesch, W., Schimke, H., Schwaiger, J. (1994) Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG-theta and alpha band. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 91, pp. 428-441.

Klimesch, W. et al. (1997a) Brain oscillations and human memory: EEG Correlates in the upper alpha and theta band. *Neurosciences Letters* 238, pp. 9-12.

Klimesch, W. et al. (1997b) Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology* 34, pp. 169-176.

Koelsch, S. (2005) Investigating Emotion with Music. *Neuroscientific Approaches. Annals of the New York Academy of Sciences* 1060, pp. 412–418.

Koelsch, S., Schröger, E., & Gunter, T. (2002) Music Matters: Preattentive musicality of the human brain. *Psychophysiology* 39, p. 1-11.

Liepelt, R., Yves Von Cramon, D., Brass, M. (2008) How do we infer other's goals from non-stereotypic actions? The outcome of context-sensitive inferential processing in right inferior parietal and posterior temporal cortex. *NeuroImage* 43, pp. 784-792.

Maher, T. F. (1980) A rigorous test of the proposition that musical intervals have different psychological effects. *The American Journal of Psychology* 93(2), pp. 309-27.

Maulsby, L. (1971) An illustration of emotionally evoked theta rhythm in infancy: hedonic hypersynchrony. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology* 31, pp. 157-165.

Menon, V., & Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*, 28(1), 175-184

Meyer, L. B. (2001) *Music and emotion: Distinction and uncertainties*. En P. N. Juslin & J. A. Sloboda (Eds.). **Music and emotion: Theory and research** (pp. 341-360). London: Oxford University Press.

Mitchell, D. G. V. (2011) The nexus between decision making and emotion regulation: A review of convergent neurocognitive substrates. *Behavioural Brain Research* 217, pp. 215-231.

Mitterschiffthaler, M. T. et al. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping* 28, pp. 1150-1162.

Murayama, J. et al. (2004) Impaired pitch production and preserved in a right brain-damaged patient rhythm production with amusia. *Brain Cognition* 56, pp. 36-42.

Nicholson, K. G. (2003) Impaired processing of prosodic and musical patterns after right hemisphere damage. *Brain and Cognition* 52, pp. 382-389.

Ongur, D. & Price, J. L. (2000) The organization of networks within the orbital and medial prefrontal cortex of rats, monkeys and humans. *Cerebral Cortex* 10, pp. 206-219.

Pallesen, K. J. et al (2005). *Emotion Processing of Major, Minor, and Dissonant Chords: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study*. En Avanzini, G. et al. (eds) **The**

**Neurosciences and Music II: From Perception to Performance.** (pp. 450-453) New York: New York Academy of Sciences.

Palmer, C., & Hutchins, S. (2006). *What is musical prosody?* En B. H. Ross (Ed.), **Psychology of Learning and Motivation**, 46, pp 245-278. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Press.

Pell, M. D. (2006) Cerebral mechanisms for understanding emotional prosody in speech. *Brain and Language* 96, pp. 221-234.

Peretz, I. & Sloboda, J. (2005) Music and the emotional brain. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060, pp. 409-411.

Phan, K. L. et al. (2002) Functional neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage* 16, pp. 331-348.

Platel, J. J. et al. (1997) The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain* 120, pp. 229-243.

Podell, K., Lovell, M. & Goldberg, E. (2001) *Lateralization of Frontal Lobe Functions*. En S. P. Salloway, P. F. Malloy & J. D. Duffy (Eds) **The Frontal Lobes and Neuropsychiatric Illness** (pp. 83-99). Washington, USA: American Psychiatric Publishing, Inc.

Ramos, J. et al. (1996). Evaluación de los estados afectivos provocados por la música. *Revista Mexicana de Psicología* 13(2), pp. 131-145.

Rolls, E. T. & Grabenhorst, F. (2008) The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. *Progress in Neurobiology* 86, pp. 216-244.

Sammler, D. (2007) Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology* 44, pp. 293-304.

Salimpoor, V. et al.(2009). The Rewarding Aspects of Music Listening are Related to Degree of Emotional Arousal, PLoS ONE, 4(10): e7487.



Salimpoor, V. et al. (2011). Anatomically Distinct Dopamine Release during Anticipation and Experience of Peak Emotion to Music. *Nature Neuroscience*. 14, pp. 257–262.

Schmidt, L. A. & Trainor, L. J. (2001) Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition and emotion* 15 (4), pp. 487-500.

Sergent, J. (1993) Music, the brain and Ravel. *Trends in Neurosciences* 16 (5), pp. 168-172.

Steriade, M. et al. (1990) Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 76, pp. 481-508.

Steriade, M. (2000) Corticothalamic Resonance, States of Vigilance and Mentation. Commentary. *Neuroscience* 101 (2), pp. 243-276

Thompson, W. & Robitaille, B. (1992) Can composers express emotions through music? *Empirical Studies of the Arts*, Vol. 10, No. 1, pp. 79-89.

Trainor, L. J. & Trehub, S. E. (1992) A Comparison of Infants' and Adults' Sensitivity to Western Structure. *Musical Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 18, No. 2, pp. 394-402

Trainor, L. J., McDonald, K. L. and Alain, C. (2002) Automatic and Controlled Processing of Melodic Contour and Interval Information Measured by Electrical Brain Activity. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14:3, pp. 430- 442.

Vandenberghe, R. et al. (1996) Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature* 383, pp. 254-256.

Vogt, B. A. (2005) Pain and emotion interactions in subregions of the cingulate gyrus. *Nature Reviews Neuroscience* 6, pp. 533-544.

Vogt, B. A. et al., (2005) Architecture and neurocytology of monkey cingulate gyrus. *The Journal of Comparative Neurology* 262, pp. 256-270.

Walter, W. G. (1953) **The living brain** (pp. 201-214). New York: W. W. Norton

Wolpert, D. M., Goodboy, S. J. & Husain, M. (1998) Maintaining internal representations: the role of the human superior parietal lobe. *Nature Neuroscience* 1(6), 529-533.

Zatorre, R. J. (1988) Pitch perception of complex tones and

human temporal lobe function. *Journal Acoustical Society of America* 84, pp. 566-572.

Zatorre, R. J. (1998) Functional specialization of human auditory cortex for musical processing. *Brain* 121, pp. 1817-1818.

Zentner, M. R. & Kagan, J. (1996) Perception of music by infants. *Nature* 383 pp. 29

# ANEXO I

# COMER PIZZA

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'COMER PIZZA' in piano. The score is written for a grand piano with a treble and bass clef. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 3/8. The melody in the treble clef consists of eighth and quarter notes. The bass clef accompaniment features chords with a moving bass line.

Continuation of the musical score for 'COMER PIZZA' in piano. The treble clef continues with a melodic line, while the bass clef provides harmonic support with sustained chords.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# CON MIS AMIGOS

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'CON MIS AMIGOS' in piano. The score is written for a grand piano with a treble and bass clef. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The melody in the treble clef is composed of quarter and eighth notes. The bass clef accompaniment consists of chords with a steady bass line.

Continuation of the musical score for 'CON MIS AMIGOS' in piano. The treble clef continues with a melodic line, and the bass clef provides harmonic support with sustained chords.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COME TUS VERDURAS

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# DÍA EN LA ESCUELA

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# EN EL TEATRO

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# ESCUCHA LA BOSSA

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# HOY ESTÁ LLOVIENDO

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for the first system of 'HOY ESTÁ LLOVIENDO'. It features a grand staff with a treble clef and a bass clef. The key signature is three sharps (F#, C#, G#) and the time signature is 4/4. The right hand plays a melody of quarter notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4, F#4, E4, D4. The left hand plays a bass line of chords: G4-B4-D4, A4-C5, B4-A4-G4, F#4-E4-D4, C5-B4-A4, G4-F#4-E4.

Musical score for the second system of 'HOY ESTÁ LLOVIENDO'. The right hand continues the melody: D4, C4, B3, A3, G3, F#3, E3, D3. The left hand plays chords: G4-B4-D4, A4-C5, B4-A4-G4, F#4-E4-D4, C5-B4-A4, G4-F#4-E4.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# JARDÍN BOTÁNICO

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for the first system of 'JARDÍN BOTÁNICO'. It features a grand staff with a treble clef and a bass clef. The key signature is three sharps (F#, C#, G#) and the time signature is 6/8. The right hand plays a melody of eighth notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4, F#4, E4, D4. The left hand plays a bass line of chords: G4-B4-D4, A4-C5, B4-A4-G4, F#4-E4-D4, C5-B4-A4, G4-F#4-E4.

Musical score for the second system of 'JARDÍN BOTÁNICO'. The right hand continues the melody: D4, C4, B3, A3, G3, F#3, E3, D3. The left hand plays chords: G4-B4-D4, A4-C5, B4-A4-G4, F#4-E4-D4, C5-B4-A4, G4-F#4-E4.

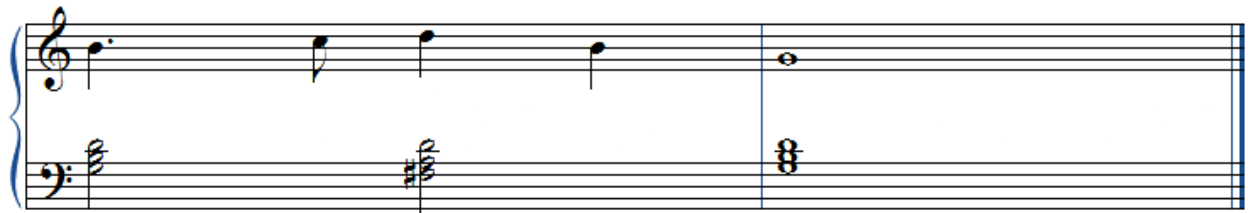
(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# QUIERO CANTAR

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# VEN A JUGAR

## Consonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)



# COMER PIZZA

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# CON MIS AMIGOS

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



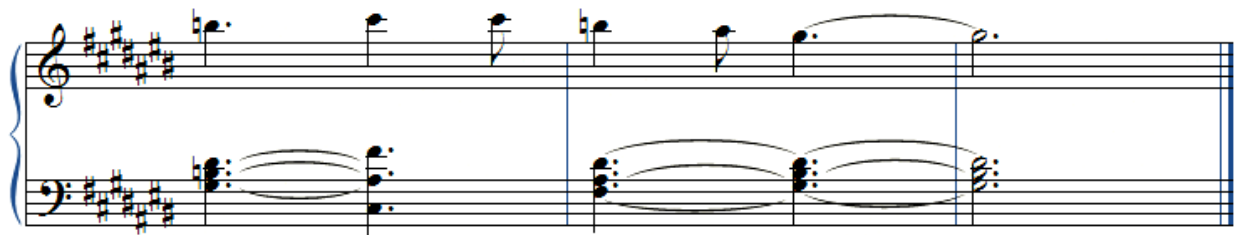
(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COME TUS VERDURAS

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# DÍA EN LA ESCUELA

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# EN EL TEATRO

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'EN EL TEATRO' in C minor, 4/4 time. The piano part features a melody in the right hand and a bass line in the left hand. The melody consists of eighth and quarter notes, while the bass line uses chords and single notes.

Continuation of the musical score for 'EN EL TEATRO'. The piano part continues with the same melodic and harmonic structure as the first system.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# ESCUCHA LA BOSSA

## Consonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA' in C minor, 4/4 time. The piano part features a melody in the right hand and a bass line in the left hand. The melody consists of eighth and quarter notes, while the bass line uses chords and single notes.

Continuation of the musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA'. The piano part continues with the same melodic and harmonic structure as the first system.

Continuation of the musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA'. The piano part continues with the same melodic and harmonic structure as the first system.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# HOY ESTÁ LLOVIENDO

## Consonante Menor

Beerehim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# JARDÍN BOTÁNICO

## Consonante Menor

Beerehim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# QUIERO CANTAR

## Consonante Menor

Beerehim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# VEN A JUGAR

## Consonante Menor

Beerehim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COMER PIZZA

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'COMER PIZZA' in 3/8 time. The piano part consists of two staves. The right hand plays a melody of eighth and quarter notes, while the left hand plays a bass line of chords. The key signature has one flat (Bb).

Continuation of the musical score for 'COMER PIZZA'. The right hand continues the melody, and the left hand continues the bass line. The piece ends with a double bar line.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# CON MIS AMIGOS

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'CON MIS AMIGOS' in 4/4 time. The piano part consists of two staves. The right hand plays a melody of quarter and eighth notes, while the left hand plays a bass line of chords. The key signature has one flat (Bb).

Continuation of the musical score for 'CON MIS AMIGOS'. The right hand continues the melody, and the left hand continues the bass line. The piece ends with a double bar line.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COME TUS VERDURAS

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# DÍA EN LA ESCUELA

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# EN EL TEATRO

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'EN EL TEATRO' in C major, 4/4 time. The score consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The treble staff contains a melodic line with eighth and quarter notes, including accidentals (sharps and naturals). The bass staff contains a harmonic accompaniment with chords and single notes.

Continuation of the musical score for 'EN EL TEATRO'. It shows the next two measures of the piece, maintaining the same melodic and harmonic structure as the first system.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# ESCUCHA LA BOSSA

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

Musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA' in B-flat major, 4/4 time. The score consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The treble staff starts with a whole rest followed by a melodic line. The bass staff contains a harmonic accompaniment with chords and single notes.

Continuation of the musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA'. It shows the next two measures, featuring a melodic line in the treble and a harmonic accompaniment in the bass with a long note in the second measure.

Continuation of the musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA'. It shows the final two measures of the piece, with a melodic line in the treble and a harmonic accompaniment in the bass.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)



# HOY ESTÁ LLOVIENDO

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# JARDÍN BOTÁNICO

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# QUIERO CANTAR

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# VEN A JUGAR

## Disonante Mayor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COMER PIZZA

## Disonante menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# CON MIS AMIGOS

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

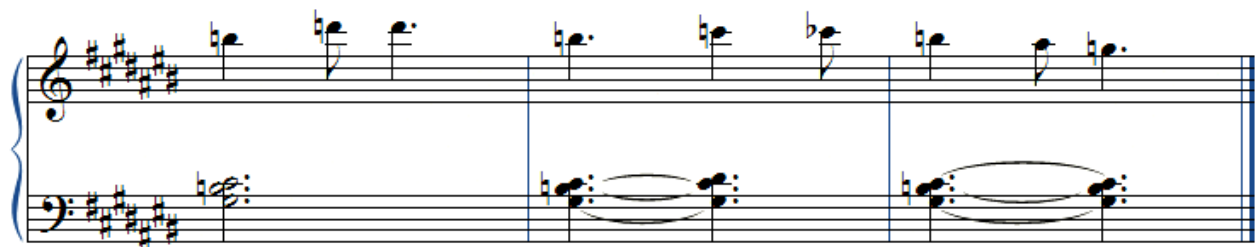
(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# COME TUS VERDURAS

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# DÍA EN LA ESCUELA

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano



(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# EN EL TEATRO

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

The musical score for 'EN EL TEATRO Disonante Menor' is written for piano in common time (C). It consists of three systems of staves. The first system has a treble clef staff with a melodic line and a bass clef staff with chords. The second system continues the melody and accompaniment. The third system concludes the piece with a final chord in the bass clef.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# ESCUCHA LA BOSSA

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

The musical score for 'ESCUCHA LA BOSSA Disonante Menor' is written for piano in 4/4 time, featuring a key signature of two flats (B-flat major/D-flat minor). It consists of three systems of staves. The first system shows the beginning of the melody and accompaniment. The second and third systems continue the piece, with the bass clef staff featuring long, sustained chords.

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# HOY ESTÁ LLOVIENDO

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

# JARDÍN BOTÁNICO

## Disonante Menor

Beerelim Corona Dzul

Piano

(No copiar. Derechos de autor en trámite)

