



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**PSICOLOGÍA Y MÚSICA: HACIA UN ESTADO DEL  
ARTE EN COGNICIÓN Y MUSICALIDAD**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A:

**VICTORIA DANET TORRES FERIA**



DIRECTORA

**MTRA. MARÍA CONCEPCIÓN MORÁN MARTÍNEZ**

REVISOR

**Dr. ARTURO BOUZAS RIAÑO**

Ciudad de México., 2024



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.

## **Agradecimientos.**

A mis padres que siempre me han apoyado, por su paciencia y confianza en mí y sobre todo por el apoyo en mis tiempos más difíciles, sin ellos no lo hubiera logrado, a mi hermana Fer que siempre ha sido una constante de amor y admiración en mi vida, a mi hermano Dante que me ha enseñado a crecer y aprender de nuevas cosas, a Concepción por todo el apoyo que siempre me ha otorgado siendo la guía indiscutible de este trabajo, por su sabiduría y luz de conocimiento en este camino, a Arturo por su guía a lo largo de mi carrera, siendo el parteaguas en mi formación a quien le debo mi motivación y curiosidad por las ciencias del comportamiento y cognitivas, a mis amigos Ana Emilia, Eduardo y Jireh por ser una inspiración para mí en esta etapa, verlos crecer y convertirse en personas mejores cada día me inspira, a Mateo por ser mi mejor *amígolo* y apoyarme cuando lo he necesitado y a Edgar por demostrarme la importancia de hacer las cosas bien y no andarse con rodeos, los amo.

## Resumen

Desde un enfoque interdisciplinario, se propone explorar el constructo de musicalidad, siguiendo la línea de investigación dedicada a comprender las habilidades cognitivas y los rasgos biológicos que subyacen a dicho constructo.

Este trabajo se enfoca en la delimitación e integración del estado actual y los avances en el área de la cognición musical, dirigiendo este trabajo hacia un estado del arte en cognición y musicalidad con el fin de proporcionar una base teórica que nos permita acercarnos al estudio de la musicalidad.

Como conclusión, basándonos en la información recolectada en este trabajo, se presenta un compendio de información relevante para el campo de la cognición musical.

Palabras clave: musicalidad, cognición musical, lenguaje, ritmo, ciencias cognitivas, estado del arte.

## **Abstract**

From an interdisciplinary approach, the exploration of the construct of musicality is proposed, following the research line dedicated to understanding the cognitive abilities and biological traits underlying musicality.

This work is focused on delimiting and integrating the current state and advances in the field of musical cognition. Specifically, the aim is to direct this research towards a state of the art in cognition and musicality; to provide a theoretical basis that allows us to approach the study of musicality.

The exploration of the link between cognition and musicality represents an opportunity to address the neurobiological substrates and cognitive processes of musical practices.

Keywords: Musicality, music cognition, language, rhythm, cognitive science, state of art

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>3</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>1. Metodología</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Justificación .....	14
1.3. Objetivos .....	14
<b>2. Estado del arte</b>	<b>15</b>
<b>3. Ciencias cognitivas y música</b>	<b>17</b>
3.1. Ciencias cognitivas .....	17
3.2. Estudio de las ciencias cognitivas en la música .....	19
3.3. Percepción, Procesos cognitivos y prácticas musicales .....	29
3.3.1. Percepción y reconocimiento musical .....	29
3.3.2. Música y lenguaje .....	32
3.3.3. Aprendizaje en las prácticas musicales .....	34
<b>4. Neurociencias y música</b>	<b>35</b>
4.1. Percepción del sonido .....	39
4.2. Redes neuronales del procesamiento musical .....	40
4.3. Psicobiología, neurobiología y musicalidad .....	50

<b>5. Psicología y música</b>	<b>53</b>
5.1. Introducción a la psicología de la música . . . . .	53
5.2. Antecedentes de la psicología de la música . . . . .	56
5.3. Desarrollos actuales del estudio de la música en psicología . . . . .	60
<b>6. Musicalidad y prácticas musicales</b>	<b>61</b>
6.1. Definiendo el constructo de Musicalidad . . . . .	63
6.2. Aspectos cognitivos de la musicalidad . . . . .	70
6.3. Constructo de musicalidad en las ciencias cognitivas . . . . .	70
<b>7. Aplicaciones del estudio de la musicalidad</b>	<b>73</b>
<b>8. Discusión</b>	<b>82</b>
<b>9. Conclusiones</b>	<b>84</b>
<b>Referencias</b>	<b>87</b>

## Índice de figuras

3.1. Esquema de las ciencias cognitivas (Miller, 2003) .....	18
3.2. Esquema de las ciencias cognitivas y su relación con la música (Wulf Diaz, 2019) .....	23
3.3. Modelo molecular de la naturaleza interdisciplinaria de la psicología de la música por Charles Eagle de 1996 (Hodges, 2003) .....	24
4.1. Gráfica de publicaciones sobre música y cerebro en la revista PubMed (Thaut y Hodges, 2019) .....	37
4.2. Esquema Partes del Oído (Reyes Pérez, 2016) .....	41
6.1. Modificación de la tabla de aproximaciones al término de musicalidad (Gembris, 1997) ..	63
7.1. Esquema de las líneas de musicoterapia (Stegemann y cols., 2019) .....	76
9.1. Vista de sistemas dinámicos del cerebro y comportamiento en el contexto de la percepción, acción y cognición (Balasubramaniam, R. y cols., 2021) .....	86



## Introducción

*"Music can seem to be the human behavior that is least susceptible to explanation."*(Margulis, 2019)

La práctica musical se ha observado en la mayoría de las culturas del mundo. Es una parte fundamental del ser humano que refleja el resultado de los procesos cognitivos complejos que subyacen en nuestra conducta. Aunque es una actividad cotidiana en la vida del ser humano promedio, resulta complicado definirla; de hecho, varios filósofos sugieren que la música simplemente es inefable (Margulis, 2019). A pesar de las dificultades que presenta el estudio de la práctica musical, los investigadores y artistas no han abandonado la búsqueda y continúan con distintas aproximaciones para intentar definirla.

El estudio de las prácticas musicales desde perspectivas científicas presenta diferentes retos. Al tratarse de un aspecto observado en la mayoría de los seres humanos, su variabilidad y diversidad pueden observarse en diferencias culturales, temporales y subjetivas. Considerar estos factores y las limitantes que involucran es importante para su estudio, lo que ha llevado a los investigadores a desarrollar nuevos enfoques que permitan abarcar la complejidad del estudio de las prácticas musicales.

A pesar de los retos que presenta el estudio científico de las prácticas musicales, diversas ciencias cognitivas han incursionado en desarrollar propuestas de estudio que nos permiten explorar a profundidad esta habilidad, desde perspectivas que abordan el sustrato neuronal de la información sonora hasta los correlatos entre las emociones que la música evoca en el individuo que la percibe.

Estos acercamientos permiten a los investigadores abordar la música como fenómeno cognitivo desde varias aproximaciones. Teniendo esto en cuenta, se realizará un acercamiento de investigación

documental tomando como punto central de estudio la musicalidad, que podemos en un principio definir como el conjunto de habilidades cognitivas y perceptivas que permiten a los seres humanos producir y percibir la música, haciendo una distinción específica con la definición de música que se refiere a las manifestaciones concretas resultado de la musicalidad, las cuales varían a través de las distintas culturas y épocas.

El punto de partida para el estudio de la musicalidad se origina desde perspectivas dentro de las ciencias cognitivas y la exploración de una rama de investigación denominada cognición musical; sin embargo, aún quedan muchos aspectos por explorar y con el avance dentro del campo, surgen nuevas dudas y preguntas alrededor de la función y procesos que están involucrados en la musicalidad. Con cada nuevo artículo, surgen nuevas ideas y propuestas de investigación que aportan nuevas perspectivas al campo.

En esta búsqueda del estudio de la musicalidad, un punto de partida importante para comprender la música como fenómeno universal de la humanidad es la capacidad del ser humano para extraer, memorizar y reproducir la estructura métrica discreta de una pieza musical simple. Incluso sin entrenamiento formal del oyente, esta habilidad ha generado un gran interés en la comunidad científica. Este interés se ha traducido en un creciente número de investigaciones en el campo de la psicología de la música y la cognición musical, que buscan comprender los procesos cognitivos y neurobiológicos que subyacen a estas conductas musicales (Desain y Honing, 1989).

Desde los primeros postulados sobre la musicalidad en el ser humano, surgieron preguntas que dieron origen a las primeras investigaciones en psicología de la música, hasta las investigaciones más recientes que se enfocan en conocer las bases cognitivas y neurológicas detrás de estas conductas. Por ejemplo, algunos estudios se han centrado en la identificación de los mecanismos cerebrales que subyacen a la percepción rítmica y melódica, mientras que otros se han enfocado en la relación entre la práctica musical y la plasticidad cerebral.

En general, el estudio de la musicalidad se ha transformado en un campo interdisciplinario que se nutre de diversas disciplinas, como la neurociencia, la cognición, la sociología, la antropología y otras

disciplinas. Esto ha generado un avance en el conocimiento de los procesos y bases de la musicalidad y de su impacto en el ser humano. Sin embargo, aún hay muchos aspectos por explorar y descubrir en este campo de la ciencia (Bouwer, Honing, y Slagter, 2019).

El abordaje interdisciplinario de la música es fundamental para profundizar en su comprensión, ya que su estudio desde distintas perspectivas permite una visión enriquecida del fenómeno musical. Desde diferentes áreas se pueden investigar los procesos cognitivos, neuronales y los correlatos culturales involucrados en la producción y percepción de la música. Por lo tanto, para seguir avanzando en el estudio de la música, se requiere de una colaboración entre distintas áreas del conocimiento y una integración de perspectivas que permitan una comprensión más profunda y completa.

Esta colaboración entre disciplinas puede abordar aspectos como la cognición musical, la neurociencia, la antropología y la sociología, lo que nos permite explorar la complejidad de la música como fenómeno cultural, social y psicológico. La integración de estas perspectivas puede ayudarnos a entender cómo la música se relaciona con la mente, el cerebro y la cultura, y cómo esto afecta nuestra experiencia musical.

El estudio de la psicología en la música ha tenido un crecimiento durante más de 5 décadas (Deutsch y cols., 1998), y en años más recientes, las investigaciones han logrado ampliar el rango de disciplinas que estudian desde distintas perspectivas la cognición musical (Hallam, Cross, y Thaut, 2016) y los procesos psicológicos que subyacen a la producción, creación, análisis y percepción de la música (Wulf, 2019).

En este trabajo, se desarrollan cinco capítulos que exploran el enfoque interdisciplinario de las ciencias cognitivas en la música y la musicalidad. Cada capítulo presenta diferentes miradas, lo que permite organizar el conocimiento que ha generado cada área de investigación.

El formato utilizado en este trabajo pretende mostrar la visión de distintas disciplinas que se acercan a la música, contribuyendo así a una visión que abarca distintas perspectivas del fenómeno musical. Por tanto, el objetivo de la presente tesis es ofrecer una visión general de la musicalidad, basada en la revisión de literatura y en la búsqueda de información previa en el campo emergente de investigación. Se ha recopilado información relevante de diversas áreas del conocimiento que han desarrollado campos específicos dedicados al estudio de la música, y esta información ha servido como cimiento para la investigación actual en el campo. Los capítulos de la tesis están organizados de tal manera que presentan los diferentes enfoques y perspectivas de las ciencias cognitivas en relación con la musicalidad y la música.

En el tercer capítulo dedicado a las ciencias cognitivas y la música aborda diversas disciplinas que componen esta área y propuestas de interacción entre ellas, partiendo del punto en común que es la música y los estudios que se han realizado sobre ella. En el apartado de procesos cognitivos y prácticas musicales, se describe cómo la información auditiva musical se relaciona con procesos cognitivos tales como la percepción, el lenguaje y el aprendizaje.

En el cuarto capítulo de neurociencias y música, se abordan distintas disciplinas que se enfocan en la interacción entre la música y la activación de áreas y redes neuronales. Se organizó información obtenida de diversas fuentes para estructurar las investigaciones en este campo en constante evolución. Dado que la tecnología y los objetivos de esta área de investigación generan información más rápida y en mayor cantidad que en otras áreas, es importante tener una comprensión clara de las implicaciones de estas investigaciones para nuestra comprensión de la música y el cerebro humano.

En el quinto capítulo de psicología y música, se realiza una búsqueda de la historia y antecedentes de información que preceden al campo actual de la musicalidad. La psicología es un área de conocimiento que, dada su antigüedad, resulta ser un punto de partida importante para el rastreo de antecedentes en el campo, que van desde la filosofía antigua hasta el desarrollo del área en el presente.

En el sexto capítulo de musicalidad y prácticas musicales se aborda el estado actual del campo de estudio, la perspectiva de los investigadores que han cimentado el área y la situación actual de la investigación en musicalidad, rastreando la definición de musicalidad a lo largo de la historia, las distintas propuestas y las características que forman parte de la musicalidad hasta el presente. En este capítulo también se aborda la perspectiva desde las bases biológicas que han caracterizado en años recientes al constructo de musicalidad.

En el séptimo capítulo de aplicaciones del estudio de musicalidad se hace una síntesis de las actividades que se realizan usando la música como una herramienta, transformándola en un instrumento para el tratamiento de enfermedades o discapacidades. Este capítulo nos proporciona una perspectiva del futuro y los límites que existen en el uso de la música como herramienta en el campo de la salud.

Como conclusión, basándonos en los hallazgos presentados en este trabajo y utilizando un modelo de sistema dinámico, se propone estudiar el ritmo, uno de los aspectos fundamentales de la musicalidad, empleando primates no humanos.

# 1. Metodología

## 1.1 Planteamiento del problema

La musicalidad es un concepto complejo, y su abordaje como objeto de estudio está en la búsqueda de las bases biológicas y los aspectos fundamentales que la conforman. En la actualidad, existe una necesidad creciente de entender los procesos cognitivos que subyacen a la percepción y producción musical. Es por esta razón que, en los últimos años, científicos de distintas áreas, han enfocado las investigaciones hacia un nuevo campo (Honing, 2018a), que tiene como objetivo encontrar los orígenes de la musicalidad, sus bases biológicas y los aspectos fundamentales que la conforman. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es explorar los orígenes de la musicalidad y su relación con los procesos cognitivos, con el fin de proporcionar una mejor comprensión de este fenómeno y sus implicaciones en la cognición humana.

Actualmente, la definición de musicalidad desde las ciencias cognitivas no cuenta con un concepto definido por parte de los investigadores que la abordan, presentando una limitación para su estudio. En los últimos años, se ha desarrollado una línea de investigación donde varias disciplinas como la biología, la psicología, las neurociencias y los campos involucrados con la cognición musical han centrado la búsqueda en el origen de la musicalidad y en su definición (Honing, 2018a).

El crecimiento de las investigaciones en musicalidad ha transformado la forma en que se estudia este fenómeno. La consolidación del estudio de la musicalidad crea un campo interdisciplinario de trabajo donde investigadores de distintas áreas colaboran para crear una base de información fundamental para las futuras investigaciones.

La ausencia de trabajos documentales que consoliden una estructura de la información existente sobre las investigaciones en musicalidad es recurrente en áreas innovadoras. Dado esto, la creación de un esquema del conocimiento generado en este campo de estudio es importante para futuras investigaciones. Por lo tanto, en esta investigación se propone abordar el problema para estandarizar la definición de musicalidad y explorar los orígenes y características fundamentales de este concepto,

con el fin de aportar a su definición y permitir un mayor avance en el estudio de la música desde las ciencias cognitivas.

## **1.2 Justificación**

Generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente acerca de la musicalidad es necesario para que futuras investigaciones tengan acceso a los avances que se han desarrollado en los últimos años. Es esencial realizar un estudio organizado del campo dentro de las ciencias cognitivas para llevar a cabo una revisión epistemológica del conocimiento existente acerca de la musicalidad. Esto permitirá comprender y definir la musicalidad para futuras aplicaciones en el desarrollo de terapias musicales y entender el papel que desempeña en el desarrollo cognitivo y emocional del ser humano.

## **1.3 Objetivos**

El objetivo de este trabajo es determinar las aproximaciones conceptuales de la musicalidad como objeto de estudio, partiendo de las distintas disciplinas que abordan el campo de conocimiento desarrollado en los últimos años, y estableciendo las bases teóricas y prácticas del área de investigación en musicalidad.

Como planteamiento central, se propone que esta investigación aporte un avance al campo teórico y metodológico del estado del arte de la musicalidad.

Se pretende crear un acercamiento al estado del arte en la musicalidad, generando una síntesis de información relevante para la investigación en el campo de la musicalidad.

## 2. Estado del arte

En este apartado se aborda el estado del arte como método de investigación documental cuya finalidad es determinar la construcción de un archivo actual del conocimiento generado en el campo de la musicalidad desde una perspectiva cognitiva.

El estado del arte es una estrategia metodológica que ha evolucionado para convertirse en una herramienta fundamental para obtener una visión actualizada del conocimiento en un campo de estudio. En el caso de la musicalidad, un campo relativamente nuevo dentro de las ciencias cognitivas todavía no está estructurado de manera clara y definida. Por lo tanto, el análisis del objeto de estudio es esencial para transformar su significado, superar la visión técnica y lograr una comprensión del tema.

A partir de esta búsqueda y recolección de información, se plantea un trabajo documental previo que fundamenta una base teórica sobre el campo de la musicalidad y proporcionará un punto de partida para que futuras investigaciones tengan un panorama de los avances en este campo.

Los avances en el campo han sido relativamente nuevos. Dado esto, los trabajos enfocados en la compilación de la información que se ha recabado hasta hoy en día son escasos. Partiendo de esto, el trabajo presente tiene como objetivo sintetizar una parte de este campo. La elaboración de un estado del arte de la musicalidad y su estudio permite el análisis de la literatura publicada hasta hoy en día, dando una mirada actualizada.

La estructura del estado del arte presente es un análisis enfocado en el concepto de musicalidad y las perspectivas que han abordado este tema. Incorporar estas perspectivas como un grupo de enfoques nos da como resultado un trabajo interdisciplinario de la musicalidad.



El reto de integrar la visión de un objeto de estudio desde distintas disciplinas es conocer los procesos que caracterizan a la musicalidad. Desde los múltiples enfoques que se abordan en este trabajo, se pretende desarrollar el nexo que une a las distintas disciplinas, para definir a la musicalidad.

La acumulación creciente de conocimiento en el campo de la musicalidad es insuficiente para comprender los procesos y bases que subyacen a la musicalidad. Es importante dar estructura a este conocimiento que se genera día a día.

Estudiar las características universales en los seres humanos ha llevado a diferentes investigadores a sostener la siguiente hipótesis: si el fenómeno de la música se produce en todas las culturas humanas y con elementos de universalidad, existen bases biológicas que caracterizan a la musicalidad.

La revisión de la literatura en un campo de investigación implica plantear objetivos y preguntas relevantes para el área, así como conocer todo lo que se ha investigado previamente para delimitar los vacíos y las áreas que necesitan ser abordadas en futuras investigaciones.

También plantea analizar qué variables son relevantes para la investigación en musicalidad, lo que permite identificar las teorías que se han desarrollado y las investigaciones que se han llevado a cabo en la práctica.

## 3. Ciencias Cognitivas y música

### 3.1 Ciencias Cognitivas

En este capítulo, abordaremos una explicación de los inicios de las ciencias cognitivas y nos enfocaremos en la investigación que ha aportado información relevante para el crecimiento de la cognición musical.

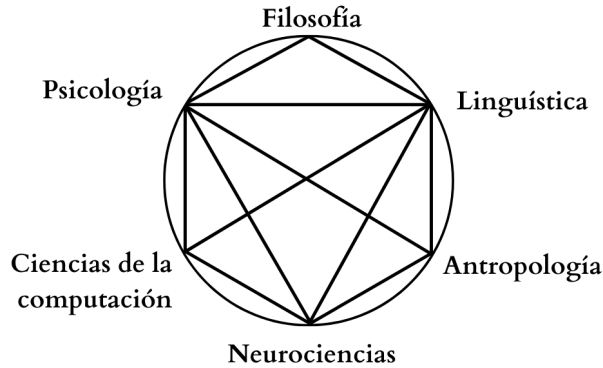
Las ciencias cognitivas son un conjunto de líneas de investigación con enfoque interdisciplinario que abordan los procesos por los cuales extraemos, almacenamos y manejamos la información (Von Eckardt, 2001).

La definición de cualquier disciplina científica es una construcción consensuada que marca un referente para la formación y trabajo generalmente aceptado por el gremio científico; lo mismo ocurre con las ciencias cognitivas. Por lo tanto, es difícil determinar una definición universal, ya que la ciencia se desarrolla y avanza desde sus inicios hasta la actualidad. La psicología cognitiva pretende ofrecer una perspectiva general sobre los procesos psicológicos, incluyendo dimensiones prácticas y aplicadas.

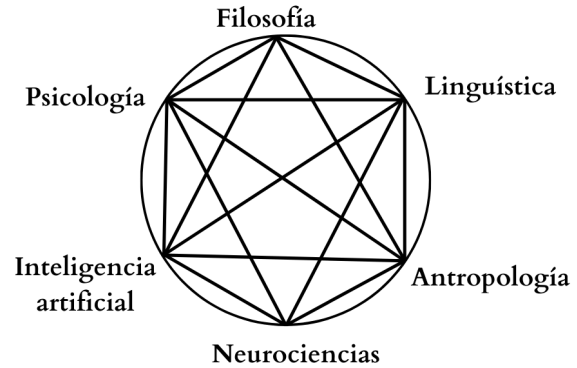
Una característica que identifica a las ciencias cognitivas es la convergencia que tienen varias áreas de estudio, creando un campo interdisciplinario.

La imagen presentada a continuación es el hexágono de las ciencias cognitivas. Los seis campos están conectados en un hexágono. Cada línea en la figura representa un área de investigación interdisciplinaria que involucra las herramientas de las dos disciplinas que conecta (Miller, 2003).

## Miller



## Gardner



<sup>1</sup> Figura 3.1: Esquema de las ciencias cognitivas (Miller, 2003).

El hexágono de las ciencias cognitivas es relevante para el estudio de la musicalidad, permite visualizar la interacción entre diferentes disciplinas como la psicología, la neurociencia, la lingüística, la antropología, la filosofía y la inteligencia artificial para entender cómo funciona la percepción y producción musical en el cerebro humano.

Cada uno de los lados del hexágono representa una disciplina y la interacción entre ellas es bidireccional y sinérgica, es decir, las disciplinas se retroalimentan mutuamente. Por ejemplo, la psicología puede proporcionar información sobre cómo los humanos perciben y procesan la música a nivel cognitivo, mientras que la neurociencia puede aportar información sobre cómo el cerebro procesa y responde a la música en la corteza cerebral.

---

<sup>1</sup> Esquema de las ciencias cognitivas (Miller, 2003)

### **3.2 Estudio de las ciencias cognitivas en la música**

Las ciencias cognitivas de la música integran postulados e ideas de distintas disciplinas, incluyendo la filosofía, antropología, teoría musical, psicología, neurociencias y modelamiento computacional. Su objetivo es responder a preguntas fundamentales acerca del papel que la música juega en la vida del ser humano, así como explorar los aspectos más básicos de la musicalidad en otras especies.

De esta manera, las ciencias cognitivas de la música buscan entender los procesos cognitivos implicados en la producción, percepción y comprensión de la música, y su relación con otras áreas cognitivas, como la memoria, la emoción y la comunicación y el lenguaje.

A lo largo de la historia, la música ha sido objeto de interés para científicos y filósofos de diversas épocas y culturas. Sin embargo, formalizar la investigación de la música desde la perspectiva de las ciencias cognitivas en las últimas décadas ha permitido avanzar en el análisis de la musicalidad y las prácticas musicales de manera más precisa y definida.

Las ciencias cognitivas de la música se enfocan en entender los procesos cognitivos implicados en la producción, percepción y comprensión de la música, así como su relación con otras áreas cognitivas como la memoria, la emoción y la comunicación. Este enfoque interdisciplinario ha permitido profundizar en la comprensión de la importancia de la música en la vida humana, y su papel en la sociedad y la cultura.

En los inicios de los estudios de percepción y discriminación de tono, volumen, timbre y ritmo, se concebía al tono con medidas discretas en lugar de considerarlo como un espectro continuo. A medida que se avanzó en la investigación y se descubrieron nuevas escalas musicales provenientes de otras culturas no occidentales, se amplió el espectro del tono musical. Esto permitió no solo una mejor

comprensión de la percepción de la música en diferentes culturas, sino también una comprensión más precisa de cómo influyen en la percepción del tono y otras características de la música.

Durante la antigüedad, varios filósofos teorizaron sobre la música, pero no contaban con las herramientas metodológicas para medir objetivamente el arte musical. Sin embargo, estos debates sentaron las bases para el estudio científico de la música en la actualidad.

La investigación actual tiene como objetivo comprender la estructura básica de la musicalidad, incluyendo sus fundamentos biológicos, psicológicos y fisiológicos, así como su impacto en la mejora de enfermedades y su función en los procesos evolutivos, aspectos que se abordarán con más detalle en los siguientes capítulos.

A lo largo de los años, han surgido diversas preguntas que han impulsado la investigación en el área de las ciencias cognitivas y la música: ¿qué características hacen que los seres humanos sean musicales?, ¿cómo puede una persona interactuar con la música sin un aprendizaje previo?, ¿por qué la música evoca emociones?, ¿Por qué tiene la música un papel tan importante en la vida humana?

El crecimiento en la investigación en esta área ha generado un incremento en el interés de expertos en campos como las neurociencias, biología, psicología, física, medicina y otras áreas relacionadas, quienes buscan entender el fenómeno que se produce cuando interactuamos con la música. Este interés se debe en gran medida a la evidencia creciente de que la música puede tener beneficios terapéuticos en diversas enfermedades, así como a su papel en la evolución humana y la comunicación social.

El estudio de la percepción y cognición musical es un campo interdisciplinario que involucra a investigadores de diversas áreas, incluyendo psicología, acústica, antropología e inteligencia artificial, entre otras. El interés en los aspectos cognitivos de la música radica en comprender cómo se procesa la información auditiva y cómo se transforma en información musical.

Christopher Longuet-Higgins es uno de los pioneros en el campo de las ciencias cognitivas relacionado con la música. Además de ser un científico destacado en este campo, tenía un interés particular en las artes y en la música en particular, Longuet-Higgins publicó uno de los primeros modelos de percepción rítmica musical (1982), realizando una contribución significativa para el campo de la cognición musical. Gran parte de sus investigaciones estuvieron dedicadas al modelamiento de los procesos cognitivos que están involucrados en la experiencia musical.

Existen dos enfoques principales para abordar el estudio científico de la música desde una perspectiva interdisciplinaria. Por un lado, se encuentran los científicos que poseen conocimientos básicos de música y, por otro lado, los músicos que tienen una formación superficial en ciencias. Ambos enfoques son valiosos para la investigación en las ciencias cognitivas de la música, ya que cada uno aporta perspectivas y habilidades distintas que se complementan para obtener una comprensión más completa del tema.

Durante muchos años, la literatura sobre las ciencias cognitivas de la música ha explorado una variedad de temas, como la estética, la acústica, la interpretación, la percepción y la terapia, entre otros.

Esta amplia gama de temas ha abierto un campo de investigación diverso y en constante evolución. Sin embargo, debido a la complejidad de la música y la gran cantidad de aspectos y características que involucra, resulta difícil delimitar una sola perspectiva desde la cual abordar su estudio. Aunque la complejidad de la música hace difícil abordar su estudio desde una única perspectiva, es posible retomar postulados previos para explorar distintos aspectos de la música y su relación con las ciencias cognitivas.

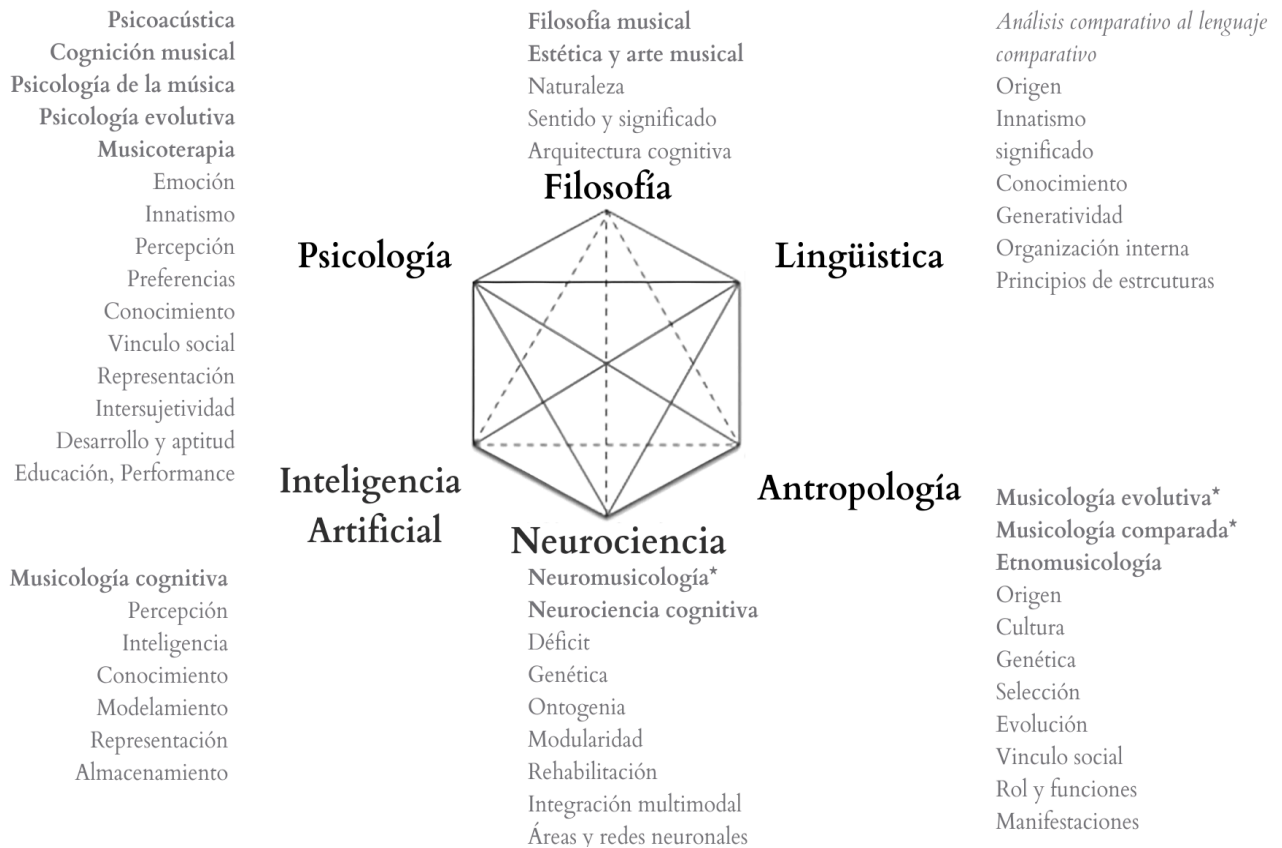
La investigación sobre los orígenes biológicos y culturales de la música ha sido guiada por diversos campos de estudio. Sin embargo, durante mucho tiempo, estos campos estuvieron influenciados por muestras de población sesgadas hacia la cultura occidental y la música occidental.

Es por ello que, en los últimos años, se ha buscado adoptar una perspectiva más interdisciplinaria y transcultural para evitar estos sesgos. Es necesario adoptar un enfoque científico integral que aborde tanto las limitaciones físicas de la percepción auditiva como la semiótica de las distintas variedades musicales en las culturas de todo el mundo.

Se han planteado muchas preguntas sobre estos temas, y abordarlas de manera rigurosa y objetiva es fundamental para avanzar en la comprensión de la música desde una perspectiva científica y para evitar sesgos culturales en la investigación.

El estudio de la cognición musical se ha enfocado en los comportamientos musicales y en cómo interactúan con los procesos cognitivos que subyacen a las prácticas musicales. Durante años, se han analizado los componentes de la música; altura, duración, timbre y volumen para comprender mejor la cognición musical (Serafine, 2015).

Dado que la cognición musical abarca una amplia gama de procesos cognitivos y su relación con la música, ha sido necesario contar con la colaboración de múltiples disciplinas para su desarrollo. La interacción entre estas disciplinas ha sido fundamental para avanzar en el estudio de la cognición musical.



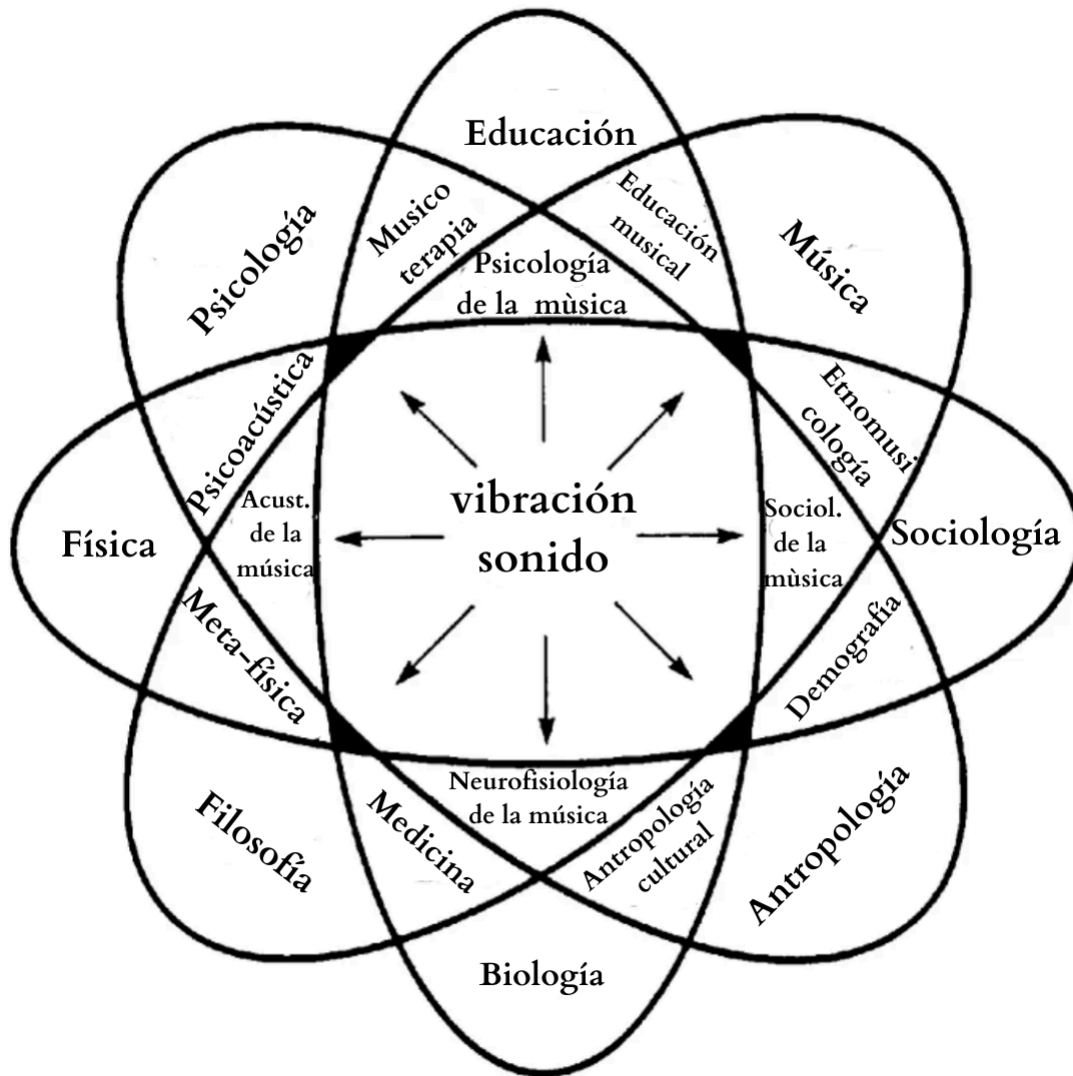
<sup>2</sup> Figura 3.2: En este hexágono se presentan los principales intereses de las disciplinas en el área de cognición musical, derivado de las investigaciones y temas más frecuentes desarrollados por cada área, este esquema desarrollado por Wulf Díaz (2018)

En la figura 3.2 se observa el hexágono de Miller con modificaciones realizadas por Fernando Wulf Díaz, donde se ejemplifican los temas abordados en general por las distintas disciplinas y se agrega un segundo nivel que especifica sub-disciplinas específicas para el estudio de la musicalidad.

En capítulos posteriores, se desarrollan y abordan los temas de interés desde la perspectiva interdisciplinaria que abarca el estudio de la musicalidad. Trabajos de investigación documental como el realizado por Fernando Wulf Díaz son de gran aportación al área actual de investigación. Ha sido un punto de referencia importante para el abordaje de la musicalidad en el trabajo presente y simplifica la búsqueda de esquemas y cuadros que sintetizan la información del campo.

<sup>2</sup> Esquema sobre las ciencias cognitivas y su relación con la música (Wulf Díaz, 2019)





<sup>3</sup> Figura 3.3: El modelo molecular

En la figura 3.3, observamos la relación del sonido y la música con distintas disciplinas vinculadas a las ciencias cognitivas. Dado que el comportamiento musical es un fenómeno complejo, involucra aspectos de diversas áreas en ciencias y otras disciplinas.

Este modelo fue creado para retratar el desarrollo interdisciplinario que ha tenido la psicología de la música, esta consiste en un estudio que abarca múltiples disciplinas e interacciones, centrándose en el fenómeno musical.

<sup>3</sup> Modelo molecular de la naturaleza interdisciplinaria de la psicología de la música. (Hodges, 2003)

De igual manera, una perspectiva interdisciplinaria resulta esencial, ya que implica la fusión de ideas procedentes de diferentes áreas del conocimiento, a menudo observada en estudios combinados como la psicoacústica (por ejemplo, la percepción musical) y la psicobiología.

Seashore (1938) menciona que el estudio del comportamiento musical involucra campos como la física, la fisiología, la antropología, la psicología, la filosofía y la metafísica, pero debido a los estudios realizados por la psicología, el campo se desarrolló en mayor proporción en esta área, generando más investigaciones y perspectivas desde la psicología (Hodges, 2003).

En la línea de la percepción, se aborda cómo el cerebro procesa la información musical, incluyendo la tonalidad, la melodía, el ritmo y la armonía. El componente emocional se refiere a cómo la música afecta las emociones y el estado de ánimo de una persona. El componente simbólico hace referencia a cómo la música puede tener un significado e importancia cultural, social y personal para las personas. Finalmente, el componente motor se refiere a cómo la música puede afectar la actividad motora y la coordinación física.

Durante los primeros dos decenios del siglo XXI, los investigadores se han centrado en el estudio desde las ciencias cognitivas. A partir de esto, se ha elaborado un cuadro con el objetivo de sintetizar la propuesta de Elizabeth Hellmuth Margulis, quien dirige el Music Cognition Lab en la Universidad de Princeton. Margulis aborda la aproximación de las ciencias cognitivas al estudio de la música, detallando el enfoque que cada área de estudio tiene en este campo.

Ciencias cognitivas	Aproximación al estudio de la música
Modelamiento computacional	El acercamiento desde la programación se ha desarrollado con preguntas como: ¿Cómo los humanos componen música?, ¿Cómo deciden qué beat aplaudir cuando escuchan música?, ¿Cómo los instrumentistas toman decisiones expresivas al interpretar piezas musicales? y ¿Cómo los escuchas deciden y discriminan qué nota se escucha tensa o relajada en una pieza?. La programación de modelos computacionales ayuda a establecer el punto de partida para resolver estas preguntas. El

	modelamiento computacional y la psicología experimental pueden colaborar para comprender el procesamiento musical.
Estudios de Corpus	El crecimiento de la digitalización ha logrado la posibilidad de identificar patrones en bases de datos enormes, con los avances en la tecnología, el análisis de piezas musicales y comparación de las distribuciones de la repetición de una nota en específico se puede realizar en minutos, realizar comparaciones de dinámicas (volumen, duración, etc.) y modificaciones que existen entre distintas interpretaciones de una pieza resulta sencillo. El tipo de datos que se obtienen de la notación musical y de grabaciones, nos proporciona información importante para el estudio de las prácticas musicales.
Investigación conductual	Para lograr resolver muchas preguntas en el campo de la psicología, el acercamiento desde la perspectiva del análisis conductual en escenarios controlados y con respuestas medibles, nos da información relevante sobre la conducta musical, la medición de tiempo de respuesta, patrones rítmicos, discriminación de melodías, etc. Aunque la música es un fenómeno complejo, el determinar conceptos con definiciones operacionales que aterricen en conceptos medibles y discretos aspectos musicales, permite una visión más objetiva del campo de estudio.
Métodos cognitiva de neurociencia	Los investigadores actualmente utilizan una gran variedad de métodos para inferir procesos cognitivos de estudios realizados en el cerebro. Las técnicas más utilizadas en la psicología de la música, son el EEG y el fMRI. Estas técnicas proporcionan evidencia acerca de la localización y la activación cerebral en distintas actividades musicales, permitiendo los investigadores resolver preguntas como: ¿La música y el lenguaje comparten circuitos neuronales?, ¿La escucha pasiva activa áreas motoras en el cerebro?, ¿Las personas con entrenamiento musical procesan el lenguaje diferente a los no-músicos?
Aproximaciones clínicas	Los estudios clínicos proporcionan información sobre casos con daño cerebral, su relación con déficits en las prácticas musicales, los estudios clínicos también muestran la capacidad de la música para intervención en enfermedades neurodegenerativas o cómo terapia.
Aproximaciones cualitativas	Algunos aspectos de las prácticas musicales por su complejidad, llegan a ser más sencillos de estudiar desde estudios cualitativos, como entrevistas y observaciones, este tipo de observaciones puede producir teorías e hipótesis que posteriormente pueden ser estudiadas y comprobadas o refutadas con investigación cuantitativa.

4

---

<sup>4</sup> Tabla realizada a partir del libro Psychology of music: a brief history. (Margulis, 2019)

El acercamiento desde la programación se ha desarrollado con preguntas como: ¿Cómo componen música los humanos?, ¿Cómo deciden las personas qué ritmo aplaudir cuando escuchan música?, ¿Cómo toman los instrumentistas decisiones expresivas al interpretar piezas musicales? y ¿Cómo deciden y discriminan los oyentes qué nota suena tensa o relajada en una pieza?

La programación de modelos computacionales ayuda a establecer el punto de partida para resolver estas preguntas. El modelamiento computacional y la psicología experimental pueden colaborar para comprender el procesamiento musical.

El crecimiento de la digitalización ha permitido la identificación de patrones en enormes bases de datos. Con los avances tecnológicos, el análisis y la comparación de las distribuciones de la repetición de una nota específica en piezas musicales pueden realizarse en cuestión de minutos. Realizar comparaciones de dinámicas (volumen, duración, etc.) y analizar modificaciones entre distintas interpretaciones de una pieza resulta sencillo. El tipo de datos obtenidos de la notación musical y las grabaciones nos proporciona información importante para el estudio de las prácticas musicales.

Para abordar diversas preguntas en el campo de la psicología, el enfoque desde la perspectiva del análisis conductual en escenarios controlados y con respuestas medibles proporciona información relevante sobre la conducta musical, incluyendo la medición del tiempo de respuesta, patrones rítmicos, discriminación de melodías, entre otros aspectos. Aunque la música es un fenómeno complejo, la determinación de conceptos mediante definiciones operacionales que se traduzcan en aspectos musicales medibles y discretos permite una visión más objetiva del campo de estudio.

Los investigadores actualmente utilizan una gran variedad de métodos para inferir procesos cognitivos de estudios realizados en el cerebro. Las técnicas más utilizadas en la psicología de la música son el EEG y el fMRI. Estas técnicas proporcionan evidencia acerca de la localización y la activación cerebral en distintas actividades musicales, permitiendo a los investigadores resolver preguntas como: ¿La música y el lenguaje comparten circuitos neuronales?, ¿La escucha pasiva activa áreas motoras en el cerebro?, ¿Las personas con entrenamiento musical procesan el lenguaje de manera diferente a los no músicos?

Los estudios clínicos proporcionan información sobre casos con daño cerebral y su relación con déficits en las prácticas musicales. Además, estos estudios también muestran la capacidad de la música para intervenir en enfermedades neurodegenerativas o actuar como terapia.

Algunos aspectos de las prácticas musicales, debido a su complejidad, son más accesibles para el estudio mediante enfoques cualitativos, como entrevistas y observaciones. Este tipo de observaciones puede generar teorías e hipótesis que posteriormente pueden ser examinadas y corroboradas o refutadas mediante investigaciones cuantitativas.

Determinar cuáles son las ciencias cognitivas que pueden contribuir a la investigación sobre la musicalidad es una tarea de gran importancia, ya que la música es una experiencia compleja y multidimensional que implica diversos procesos cognitivos y emocionales. Al comprender qué disciplinas pueden aportar al estudio de la musicalidad, se pueden integrar diferentes perspectivas y técnicas para obtener una comprensión más completa de la música y su impacto en el ser humano.

Las ciencias cognitivas, como la psicología, la neurociencia y la lingüística, cuentan con herramientas y métodos específicos que permiten analizar diferentes aspectos de la musicalidad, como la percepción, la memoria, el aprendizaje y la emoción. Al integrar estos conocimientos y técnicas, se pueden realizar estudios más rigurosos y precisos que permitan avanzar en la comprensión de la música y su relación con el cerebro humano.

Además, al determinar cuáles son las ciencias cognitivas que pueden contribuir a la investigación sobre la musicalidad, se pueden establecer conexiones con otras áreas de estudio, como la antropología y la filosofía, lo que puede enriquecer aún más el estudio de la música desde una perspectiva interdisciplinaria.

En resumen, determinar cuáles son las ciencias cognitivas que pueden contribuir a la investigación sobre la musicalidad es fundamental para lograr una comprensión más completa y profunda de la música y su impacto en la mente y el comportamiento humano.

### **3.3 Percepción, Procesos Cognitivos y Prácticas Musicales**

La interacción entre la información musical y el ser humano abarca la percepción musical, un proceso mediante el cual el cerebro interpreta y organiza los sonidos del entorno, incluyendo la agrupación, segmentación y discriminación, aprendizaje estadístico, percepción tonal, jerarquía temporal, percepción rítmica y desarrollo de expectativas temporales y tonales. Se ha estudiado la interacción entre el sistema auditivo, visual y motor, centrándose en la sincronización y en cómo la música logra conectar el movimiento con respuestas emocionales (Stevens, 2012).

En general, se llevan a cabo diversas interacciones con la información musical, involucrando varios procesos que se abordarán de manera concisa en este capítulo.

Estos procesos interactúan de manera compleja y se ven influenciados por factores como la experiencia musical, la cultura, la edad y la salud mental y física del individuo. El estudio de estos procesos constituye una de las áreas principales de investigación en la psicología de la música y las ciencias cognitivas de la música.

#### **3.3.1 Percepción y Reconocimiento Musical**

La percepción musical es el ámbito de la psicología cognitiva que se dedica a determinar los mecanismos que subyacen al primer contacto con la información musical (Stevens, 2012).

La percepción tonal es fundamental en el proceso de la percepción musical. Este proceso implica el reconocimiento de patrones por parte del sistema auditivo ante objetos que vibran periódicamente, como la voz o un instrumento. En general, estos objetos generan una serie de armónicos, que son frecuencias sinusoidales múltiplos enteros de una frecuencia fundamental. Estos armónicos componen lo que se conoce como espectro armónico.

Cuando suenan simultáneamente, percibimos este conjunto como una sola altura que resalta la frecuencia fundamental. Esta frecuencia es la más intensa al momento de ser percibida y destaca sobre todo el conjunto de armónicos. Se han realizado investigaciones sobre el efecto de ilusión de la nota fundamental, que consiste en extraer la nota fundamental de un conjunto de armónicos para crear la ilusión de que la escuchamos. Este proceso se lleva a cabo para completar la percepción de las frecuencias recibidas.

Es importante destacar que la percepción tonal es solo una parte de la percepción musical y que, además de esta, existen otros procesos cognitivos involucrados en la práctica musical. Estos procesos están interrelacionados y actúan en conjunto para dar lugar a la experiencia musical completa. Por lo tanto, es necesario considerar y estudiar las distintas ciencias cognitivas involucradas en el estudio de la musicalidad para tener una visión completa de la misma.

El tono tradicionalmente se ha descrito como una variable unidimensional llamada altura; esta dimensión se puede definir como una función logarítmica de la frecuencia. En el sistema occidental, se divide en 12 partes iguales (semitonos) dentro de una escala logarítmica. Además, existe otra dimensión llamada las clases de tono, que separa las alturas a partir de las octavas, creando una representación mental de la equivalencia entre sonidos que están octavados (Stevens, 2012).

En la discriminación y percepción de los tonos, la tarea de categorización es fundamental. Los oyentes pueden detectar diferencias entre tonos, mientras que los músicos son capaces de categorizar el espectro de frecuencias en semitonos. Gracias a su entrenamiento auditivo, los músicos pueden determinar los cambios de altura entre tonos a partir de límites específicos, establecidos por las categorías del sistema occidental de música.

Algunas personas logran desarrollar una habilidad que les permite asignar nombres a notas específicas; esta habilidad se denomina oído relativo y funciona con el reconocimiento de notas específicas a partir de la relación que existe entre una nota y otra. Otro tipo de habilidad existe, es conocida como oído absoluto, y es la capacidad de reconocer nombres de notas sin utilizar una nota como referencia externa. Esta habilidad se ha investigado exhaustivamente y estudios (Takeuchi y Hulse, 1993) señalan la adquisición de esta habilidad asociada a la exposición de sonidos y sus asociaciones con nombres de notas durante la infancia (Takeuchi y Hulse, 1991).

La percepción de notas musicales también está asociada con la percepción de disonancias y consonancias, que son las características particulares que se dan entre dos notas que suenan simultáneamente o secuencialmente. La definición de lo que es consonante y disonante está asociada en ciertos aspectos a la exposición de prácticas musicales occidentales (Lots y Stone, 2008), asociando la consonancia a sonidos que juntos nos producen una sensación de placer y disonancia a sonidos que juntos nos producen una sensación de incomodidad. Estos términos están relacionados con aspectos particulares de la interacción entre dos notas.

Otros dos enfoques hacia la percepción tonal están centrados en la percepción de la melodía y la percepción de la armonía.

En el caso de la armonía, se han llevado a cabo estudios enfocados en la percepción, representación y expectativa de acordes, como se observa en el paradigma de "chords-priming" realizado por Bharucha y colaboradores (Bharucha y Stoeckig, 1987). En este experimento, se presentaban a los participantes dos acordes, uno inicial y un segundo como meta, con el objetivo de identificar si el acorde meta estaba en consonancia con el acorde anterior. También se han realizado investigaciones dirigidas a la percepción de la relación armónica entre acordes y la predicción de acordes en entornos tonales.

Por otro lado, tenemos la melodía, que definiremos como la secuencia de notas presentadas de manera individual y que perceptualmente se pueden agrupar como parte de un mismo evento en el



tiempo (Stevens, 2012). Parte de la investigación dirigida en este campo se centra en la relación entre cómo agrupamos las notas de una melodía, basándose en los principios de organización perceptual de la psicología Gestalt (Deutsch y cols., 1998). Otros investigadores, como Narmour, propusieron la teoría de la estructura melódica (Cumming, 1992), abriendo paso a la investigación que respaldan los principios de esta teoría, como la expectativa creada por intervalos melódicos y otras investigaciones relacionadas (Cuddy y Lunney, 1995; Fordethompson, Cuddy y Plaus, 1997).

Otra de las características que pertenece a la música es el tiempo, una de las dimensiones fundamentales en la cual podemos mencionar distintas divisiones como el tempo, patrones rítmicos, compás y agrupamiento.

El tempo es la característica que define la velocidad del pulso en la música. Dentro de las investigaciones centradas en la percepción del tempo, se ha encontrado que existe un intervalo específico de percepción para los intervalos que oscilan entre los 200 ms y 800 ms (Stevens, 2012). Existe una extensa literatura que aborda el estudio del tempo, su percepción y su interacción con otros procesos cognitivos. Los patrones rítmicos son otra de las características investigadas en las ciencias cognitivas, se pueden definir como pequeños ciclos secuenciales de sonidos que combinan duraciones y silencios; estos ciclos están separados por periodos entre cada uno de los eventos. En la actualidad, se han desarrollado métodos para modelar y medir el constructo de ritmo en especies humanas y no humanas (Ravignani, Honing y Kotz, 2017).

Existe una extensa cantidad de investigaciones dentro del campo de la percepción temporal, siendo uno de los campos con mayor desarrollo en la investigación dentro de la psicología. La interacción de la música con la dimensión del tiempo es de vital relevancia en las investigaciones de la cognición musical, creando un campo de investigación extenso.

### **3.3.2 Música y Lenguaje**

El campo de la psicología de la música ha interesado a los investigadores gracias a las comparaciones que se han realizado entre el lenguaje y la música. Tanto el lenguaje como la música son patrones sonoros complejos que varían entre culturas; ambos pueden representarse mediante lenguaje escrito y parecen ser exclusivos de la especie humana. Estas similitudes han permitido la colaboración entre la psicología, la lingüística, la biología, las neurociencias y otros campos para llevar a cabo estudios comparativos y ampliar la comprensión del fenómeno musical.

Uno de los campos más estudiados dentro de la cognición musical es la relación entre la música y el lenguaje. Esta comparación e investigación surge a partir de las similitudes que existen entre ambos dominios, los cuales son características exclusivas de la especie humana y presentan características universales y variaciones entre culturas. Además, tanto la música como el lenguaje están compuestos por señales auditivas complejas y pueden representarse visualmente mediante notación. Ambos dominios también pueden involucrar coordinación interpersonal, cómo mantener una conversación en el caso del lenguaje o tocar en un ensamble en el caso de la música. Una de las características más relevantes de ambos es su función de comunicación para el ser humano.

Una característica fundamental en la comparación de la música y el lenguaje es la existencia de sintaxis en ambas; tanto en la música como en el lenguaje, la estructura y el orden son importantes para poder llevar a cabo ambas actividades. Este interés en la comparación de sintaxis ha generado preguntas y curiosidad en el campo de las neurociencias cognitivas sobre la posible existencia de dos sistemas de sintaxis en el cerebro humano, la interacción de mecanismos cognitivos específicos para ambas actividades y otros aspectos que generan interés en el área, como las similitudes estructurales complejas de organización de patrones temporales y secuenciales.

Investigadores como Aniruddh Patel realizan contribuciones al campo del lenguaje y la música, llevando a cabo trabajos de investigación relacionados con la comparación de ambos para hallar similitudes que permitan aportar información para el estudio de cada uno.

Una aportación importante en el área son las investigaciones de neuroimagen que reflejan activación en áreas similares durante el procesamiento del habla, lenguaje y el procesamiento de información musical (Koelsch, 2013).

En resumen, aunque existen diferencias importantes entre la música y el lenguaje, los estudios en las ciencias cognitivas han revelado que comparten muchas similitudes estructurales, neuroanatómicas, funcionales y emocionales.

### **3.3.3 Aprendizaje en las Prácticas Musicales**

Con la revolución de la Psicología Cognitiva y los avances de la Psicología del Desarrollo, surgió un interés particular en el aprendizaje y el razonamiento en ambas áreas. El estudio del desarrollo y el aprendizaje se ha dirigido en gran medida hacia el desarrollo en niños y sus procesos de aprendizaje. Con el establecimiento del campo de las neurociencias cognitivas como un campo interdisciplinario, se ha complementado la información existente con estudios empíricos de las bases neurológicas del desarrollo y el aprendizaje.

El aprendizaje en las prácticas musicales ha involucrado las áreas mencionadas en el párrafo anterior, y el aumento de estudios e investigaciones cuantitativas en las neurociencias también ha aportado conocimiento relevante sobre los procesos de aprendizaje musical, el desarrollo de la expertise y los cambios estructurales de la corteza cerebral. Un ejemplo de esto es la investigación de Schlaug, Jancke, Huang y Steinmetz (1995), donde encontraron una diferencia en el volumen de las estructuras cerebrales que procesan las señales del sonido en la corteza; el plano temporal era mayor en el hemisferio izquierdo y menor en el derecho en la corteza de los músicos, a diferencia de los no músicos, donde no se encontró esta característica. En retrospectiva, la investigación dentro del campo del aprendizaje musical tiene un extenso desarrollo y abordar la magnitud del campo requeriría un trabajo complejo y dedicado al área específica, objetivo que esta tesis no persigue como principal.

El estudio del aprendizaje musical y su relación con las neurociencias cognitivas también se ha interconectado en la aplicación de métodos, técnicas y terapias que se abordarán más adelante en el capítulo de aplicaciones del estudio de la musicalidad.

## **4. Neurociencias y Música**

La investigación en neurociencias sobre las prácticas musicales es uno de los campos más amplios y en constante desarrollo en la actualidad. Durante las últimas décadas, ha experimentado avances significativos y un crecimiento constante. Estas investigaciones han generado una cantidad sustancial de información que resulta fundamental para el estudio de la musicalidad y las prácticas musicales. Sin embargo, es importante destacar que aún existen áreas de investigación por explorar y preguntas por responder en este fascinante campo.

El interés en la música y su relación con el cerebro tiene una historia que abarca más de 200 años, pero la mayoría de las investigaciones y avances significativos se han logrado en las últimas dos décadas (Patel, 2015).

La búsqueda de la musicalidad abarca diversas aproximaciones, y las neurociencias se acercan a ella al destacar la relevancia de la actividad cerebral en este proceso. A medida que las herramientas y técnicas han evolucionado y mejorado, se ha logrado identificar las regiones cerebrales involucradas en las conductas musicales, como escuchar música, interpretar piezas musicales, bailar al ritmo de una canción y otras prácticas relacionadas. Estos avances han permitido un mayor entendimiento de la relación entre el cerebro y la música.

La investigación en el estudio de la musicalidad es de gran relevancia debido a la consolidación de esta área de investigación. Los estudios y avances en esta especialidad han sido fundamentales para comprender la música desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, proporcionando una amplia gama de información sobre los efectos que la música tiene en el sistema nervioso central.

A lo largo de los años, los neurocientíficos han mostrado un gran interés en el estudio de la música y su relación con el cerebro. Como resultado, se ha desarrollado un campo de investigación con avances significativos y una abundante línea de información sobre la interacción entre la música y el cerebro.

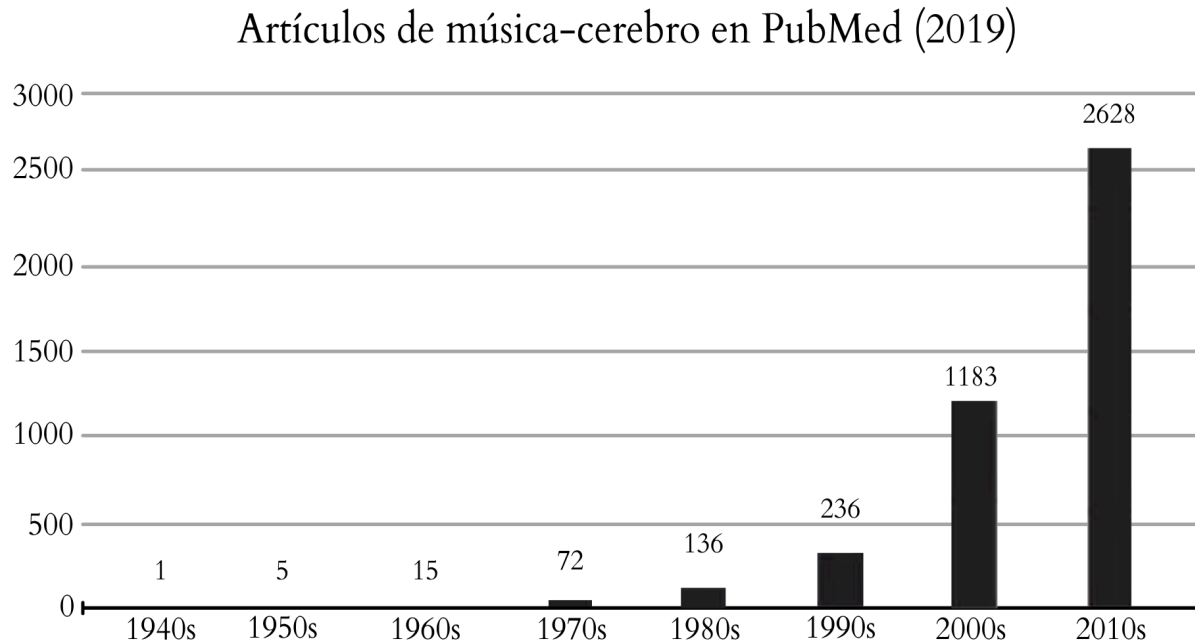
La música nos proporciona una valiosa fuente de conocimiento sobre el cerebro humano. Además de ser un posible método terapéutico, la música también sirve como un medio para acceder y estimular circuitos cerebrales específicos (Trimble y Hesdorffer, 2017).

La música ha sido objeto de análisis desde diversas perspectivas como una manifestación fundamental de la humanidad. Sin embargo, en las últimas décadas, el estudio de la música como un producto del cerebro ha adquirido un papel relevante en la comprensión de las funciones cerebrales y su relación con la práctica musical. Debido a su naturaleza compleja, la música involucra la activación simultánea de múltiples áreas cerebrales que procesan la información en secuencias de activación.

Los procesos involucrados en la percepción e interpretación de la música son de naturaleza compleja. La forma en que la música llega al cerebro y cómo éste la decodifica ha sido objeto de estudio para comprender mejor los mecanismos involucrados en su procesamiento. La investigación en este campo ha revelado información valiosa sobre cómo percibimos, procesamos y nos conectamos con la música a nivel cerebral.

En las últimas décadas, ha surgido un creciente interés por comprender los fundamentos neuronales de la musicalidad humana. Gracias a los avances tecnológicos y a las nuevas técnicas de observación que nos permiten estudiar el funcionamiento del cerebro, hemos comenzado a investigar los mecanismos subyacentes al comportamiento musical. Sin embargo, el cerebro es un sistema extremadamente complejo, y la tecnología actual solo nos ofrece indicios preliminares de su funcionamiento.

En la revista PubMed, el aumento de artículos publicados que contienen las palabras "música cerebro" ha tenido un crecimiento exponencial durante las últimas décadas (Thaut y Hodges, 2019).



<sup>5</sup> Figura 4.1: Gráfica del número de publicaciones sobre música cerebro en PubMed.

Algunos investigadores han realizado importantes contribuciones al estudio de la música y el cerebro, sentando las bases para este campo de investigación. Uno de ellos es Franz Joseph Gall, quien incluyó la música como una de las 27 facultades mentales en su mapa frenológico. Gall postuló que el comportamiento humano resulta de la interacción de diversas facultades básicas, cada una con su propio proceso de percepción y memoria. Dentro de este conjunto de 27 facultades, Gall describió una capacidad específica relacionada con la habilidad para relacionar tonos musicales.

Estos antecedentes fueron fundamentales para el desarrollo posterior de la investigación en la relación entre la música y el cerebro

---

<sup>5</sup> Gráfica de publicaciones sobre música y cerebro en la revista PubMed (Thaut y Hodges, 2019).

Los primeros estudios se realizaron midiendo potenciales de acción provocados por el reconocimiento de melodías como "Happy Birthday to You", donde se modificaban algunas notas para observar la reacción al escuchar la canción original o una variante (Koelsch, 2013).

Durante la década de 1980, se llevaron a cabo varios estudios con estímulos melódicos, modificando la nota final de melodías populares. En los resultados de estas investigaciones se obtenían potenciales negativos, como respuesta a la expectativa (Koelsch, 2013).

En la década de 1990, se realizaron estudios sobre la variación en melodías de alturas o variación de ritmo, aplicando la tarea a músicos y no músicos con el objetivo de identificar finales incongruentes en las melodías (Besson y Faïta, 1995). Estos estudios revelaron diferencias a nivel cerebral entre músicos y no músicos, evidenciadas por una mayor latencia en las señales de LPT (Late Positive Component) en músicos debido a su mayor familiaridad con las melodías en comparación con los no músicos.

En el campo de las neurociencias, se ha investigado no solo en el ámbito de las melodías, sino también en los acordes. Petr Janata (1995) fue pionero en la publicación de estudios que utilizaban Potenciales de Acción Relacionados con Eventos (ERP, por sus siglas en inglés) con estímulos de acordes. En su investigación, se planteó la tarea de discriminar entre secuencias de tres acordes que culminaron de manera equitativa en la tónica o en un acorde subdominante que no tenía una relación tonal alta. Los participantes debían juzgar cuáles secuencias tenían la mejor resolución armónica posible. Estos estudios han contribuido al entendimiento de cómo el cerebro procesa y percibe los acordes musicales.

## 4.1 Percepción del Sonido

La percepción es una parte fundamental de la experiencia humana, comprende el conjunto de procesos mediante los cuales reconocemos, organizamos y damos sentido a las sensaciones que recibimos de los estímulos provenientes del ambiente que nos rodea (Sternberg, 2012).

La percepción auditiva y la interocepción desempeñan un papel crucial en el manejo de la información auditiva y las vibraciones del entorno. Esta información, una vez recibida, se transporta a través de nuestro sistema auditivo, sometiéndose a una serie de procesos que decodifica los estímulos percibidos para su interpretación y procesamiento en el sistema nervioso central. Los estímulos auditivos que recibimos pueden contener información valiosa sobre nuestro entorno, pero para determinar el tipo de información auditiva que estamos recibiendo, primero debemos decodificar y representar los sonidos que captamos. El viaje de la información auditiva es complejo y nos permite discernir si lo que escuchamos es ruido, una voz, música, entre otros.

En particular, la música activa diversas áreas de nuestro cerebro, incluyendo múltiples cortezas (auditiva, visual, motora), el cerebelo (involucrado en el ritmo, la sincronización y el movimiento de ajuste fino) junto con la corteza emocional más profunda (amígdala, orbitofrontal, corteza cingulada anterior), la memoria (hipocampo) y las estructuras de recompensa mesolímbicas, por mencionar algunas de las áreas que se activan.

Todas estas áreas deben trabajar en conjunto para integrar las diversas capas de sonido en el espacio y el tiempo, permitiéndonos percibir una serie de sonidos como una composición musical. Los patrones de activación en estas áreas cambian en respuesta al tipo de música que estamos escuchando (Sharma y Silberzweig, 2018).

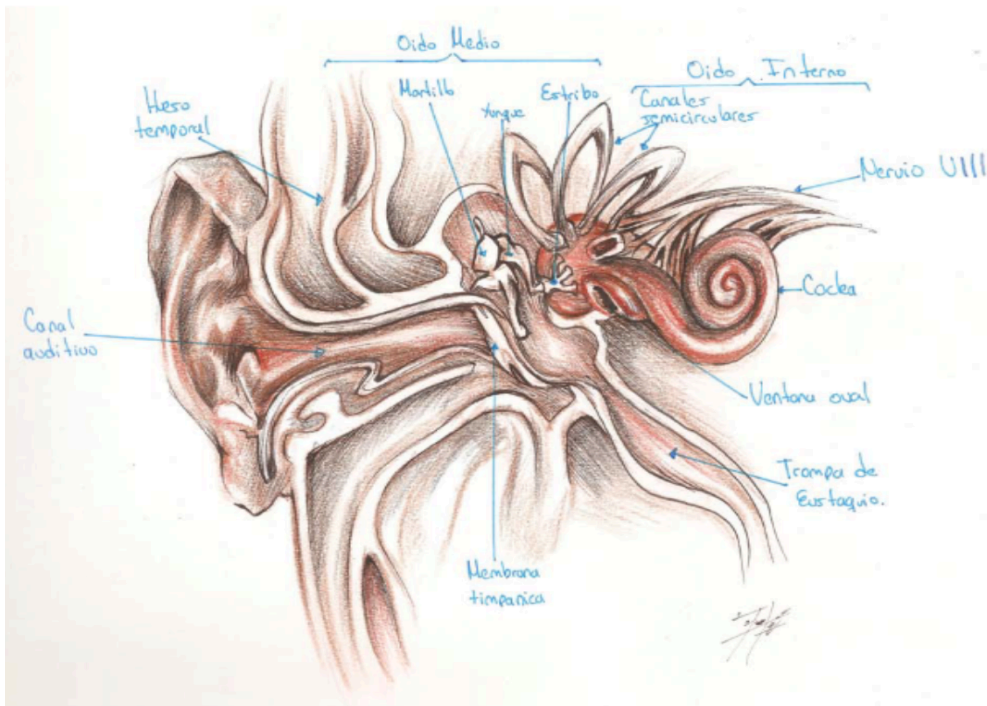


## 4.2 Redes Neuronales en el Procesamiento Musical

Una pregunta recurrente en el ámbito de las neurociencias y la música es si existen regiones cerebrales "dedicadas exclusivamente a la música". Puede resultar difícil determinar con certeza la existencia de vínculos fijos entre las estructuras cerebrales y las funciones conductuales. Sin embargo, los avances en neurociencias han logrado ofrecer un panorama de cómo reaccionan las estructuras cerebrales ante la práctica musical.

Conforme avanzamos en la comprensión de los procesos biológicos del cerebro al interactuar con la práctica musical, podemos aplicar esta información a diversas aplicaciones, como se profundizará en el capítulo 7 de esta tesis.

La música provoca cambios estructurales y funcionales en el cerebro, tanto durante la exposición inmediata como en la escucha a lo largo de períodos prolongados. Al ser procesada por varias áreas cerebrales, la música no solo ejerce un efecto sobre el cerebro, sino también sobre el cuerpo en general.



<sup>6</sup> Figura 4.2: esquema de las partes del oído.

Durante años, se han desarrollado técnicas que nos permiten comprender y tener una aproximación de cómo el cerebro crea, reacciona e interpreta la música, comenzando con el primer proceso de interacción con la música: la percepción del sonido.

Billroth, médico y músico alemán, diferenció habilidades innatas de las desarrolladas por la educación e incluso relaciona dimensiones cognitivas y afectivas de la música con funciones corticales y subcorticales del cerebro (Wulf Diaz, 2019). Otros estudios realizados por Paul Broca y Jean Paul Bouillaud durante el siglo XIX fueron la base para encontrar los primeros casos de alteraciones en las funciones del lenguaje y de la música debido a afecciones cerebrales. Hoy en día, existen más estudios relacionados con afecciones específicas conocidas como afasias y amusias (Peretz, Champod y Hyde, 2003).

---

<sup>6</sup> Esquema Partes del Oído (Reyes Pérez, 2016)

Áreas	Interacción con la información auditiva	Referencias
Oído externo	Captar y conducir sonidos hacia el oído medio	Koelsch, 2013.
Oído medio	transforma las ondas sonoras en vibraciones transmitidas a través de la membrana timpánica que activa el movimiento de 3 huesecillos: martillo, yunque y estribo.	Koelsch, 2013.
Cóclea	Parte del oído interno, transforma la información auditiva recibida del oído medio en información nerviosa, contiene el órgano de corti	Koelsch, 2013.
Órgano de Corti	Alberga 3 conductos que contienen células ciliadas internas y externas, en este lugar se transforma la información mecánica en energía nerviosa.	Koelsch, 2013.
Membrana Basilar	Las propiedades acústicas como la frecuencia del sonido son representados de manera tonotópica en la membrana basilar que se encuentra dentro de la cóclea.	Humphries, Liebenthal y Binder, 2010; Zatorre, 2002.
Ganglio Espiral	Las células del ganglio espiral son las primeras neuronas en disparar un potencial de acción en la vía auditiva, haciendo sinapsis con las dendritas del núcleo coclear.	Amunts, Morosan, Hilbig, y Zilles, 2012; Froud y cols., 2015; Nayagam, Muniak, y Ryugo, 2011.
Núcleo coclear	Interacción con la información auditiva decodifica características del sonido como la intensidad, duración, periodicidad, localización de la señal, inicio y fin de la información auditiva, y se extrae del núcleo coclear, complejo olivar superior y lemnisco lateral.	Huffman y Henson, 1990; Rossignol y Jones, 1976.
Complejo olivar superior	Análisis complejo y filtrado de información auditiva, constituido por varios núcleos y campos perinucleares, es la primer estación con función de repetir información en el tronco encefálico, dónde las entradas cocleares de ambos lados convergen	Carr, 2003.
Lemnisco lateral	Análisis de la duración de un sonido complejo en el complejo ventral y receptor de información de ambos oídos en el núcleo dorsal	Horn, 2006; Huffman y Henson, 1990; Rossignol y Melvill Jones, 1976.
Núcleo ventral	conducto secundario donde algunas fibras	Horn, 2006; Huffman

coclear	proyectan información reticular al sistema de excitación general en el tallo cerebral inferior	y Henson, 1990; Rossignol y Melvill Jones, 1976.
Colículo inferior	Decodificación inicial de la información acústica como frecuencia, modulación de la dimensión espectro-temporal de las señales acústicas	Baumann y cols, 2011.
Cuerpo geniculado medial	Análisis frecuencial, se subdivide en diferentes niveles, el núcleo ventral que es la principal ruta de ascenso a la corteza auditiva primaria y no-primaria, también tiene proyecciones descendentes para la modulación de respuestas neuronales en centros subcorticales de la audición.	Bajo, Nodal, Moore, y King, 2010; Suga y Ma, 2003.
Corteza Auditiva Primaria	La región central está organizada de forma tonotópica y distintas subregiones son sensibles a diferentes bandas de frecuencia, en la corteza se realizan análisis específicos de las características acústicas como la frecuencia, modulación espectro-temporal y también realiza un trabajo fundamental en la transformación de características acústicas en percepciones auditivas	Langers, 2014; Norman-Haignere, Kanwisher y McDermott, 2013; Da Costa y cols., 2011; Humphries y cols., 2010; Warren, Uppenkamp, Patterson, y Griffiths, 2003; Schonwiesner y Zatorre, 2009; Griffiths y Warren, 2004.
Giro de Heschl	La estimulación de esta área se ha relacionado con la percepción, discriminación y procesamiento tonal.	Justel y Diaz, 2012.
Corteza auditiva secundaria	Localización espacial y reconocimiento del sonido, representación cognitiva del ambiente acústico, incluyendo la representación de objetos acústicos, donde se involucra el proceso de análisis del contorno melódico, agrupación espacial y extracción de relaciones entre sonidos	Griffiths y Warren, 2002, 2004; Koelsch, 2011.
Giro temporal superior(anterior y posterior del giro de Heschl)	Juega un rol importante en el procesamiento de melodías, percepción de intervalos melódicos y percepción categórica de acordes mayores y menores	Lee, Janata, Frost, Hanke, y Granger, 2011; Patterson, Uppenkamp, Johnsrude, y Griffiths, 2002; Schindler, Herdener, y Bartels, 2013; Tramo, Shah, y

		Braida, 2002.
región posterior de la corteza auditiva	se ha demostrado que en esta área existe mayor sensibilidad a la decodificación de cambios en la altura tonal como estudios también sugieren que la dimensión tonal es diferente en distintas áreas de la corteza auditiva	Warren y cols., 2003.
Corteza parietal	Procesa la información multisensorial	Beauchamp, Argall, Bodurka, Duyn, y Martin, 2004; Beauchamp, Nath, y Pasalar, 2010; Beauchamp, Yasar, Frye, y Ro, 2008.
Áreas corticales de la corteza auditiva izquierda y derecha	Mayor grado de sensibilidad temporal en la corteza izquierda y el hemisferio derecho está relacionado con el procesamiento de "fine-grained spectral"	Andoh y Zatorre, 2011; Cha, Zatorre, y Schönwiesner, 2016; Perani, 2012; Santoro y cols., 2014; Stewart, Overath, Warren, Foxton, y Griffiths, 2008; Tervaniemi y cols., 2000; Warrier y cols., 2009.

7

La transformación de la información auditiva en información con un significado musical, un contexto tonal y otras características musicales implica áreas de la corteza cerebral. En la siguiente tabla, se presentan los hallazgos realizados por investigadores que han dedicado su línea de trabajo a buscar la relación entre la corteza cerebral y la interacción que tiene con la información musical. La presentación de la siguiente información involucra la conexión de distintas áreas y sus redes neuronales, por lo que en algunos recuadros se recolectan grupos de áreas.

Redes neuronales de la corteza Frontal y vías auditivas	Interacción con la información auditiva	Referencia

<sup>7</sup> El primer cuadro está desarrollado sobre las redes auditivas frontales.

Red neuronal Cortical( Giro inferior fronto-lateral, corteza inferior frontal y porción anterior del giro temporal superior)	Esta red neuronal está involucrada en el procesamiento de la estructura musical, también se ha encontrado una posible especialización en el establecimiento de relaciones sintácticas a partir de la evaluación de relación armónica entre la información tonal percibida y la secuencia armónica consecuente, detectando irregularidades en la estructura musical y predicciones a corto plazo de eventos musicales próximos.	Koelsch, 2006, 2011.
Red neuronal (Corteza auditiva, áreas inferior frontal y prefrontal	procesamiento de variaciones y desviaciones en el tono y melodía	Lappe, Lappe, y Pantev, 2016; Lappe,Steinsträter, y Pantev, 2013
Vía auditiva anterior-ventral	Vía que proyecta del Giro temporal superior anterior al giro frontal inferior anterior y áreas prefrontales, está involucrado en la percepción de objetos que emiten sonidos y el procesamiento de características espectrales auditivas.	Belin y Zatorre, 2000; Bizley y Cohen, 2013; Hickok y Poeppel, 2007; Rauschecker y Scott, 2009.
Corteza prefrontal ventrolateral y Giro inferior frontal	En estas áreas se ha encontrado activación durante el procesamiento fonológico y semántico, la detección de sonidos no-verbales, discriminación y detección de características auditivas e interacción con memoria de trabajo auditiva.	Kiehl, Laurens, Duty, Forster, y Liddle, 2001; Gaab, Gaser, Zaehle, Jancke, y Schlaug, 2003; Zatorre, Bouffard, y Belin, 2004; Kaiser, Ripper, Birbaumer, y Lutzenberger, 2003.
Red Posterior-dorsal(giro temporal superior posterior y giro frontal inferior posterior, corteza parietal posterior y corteza premotora)	Esta red se ve implicada en la extracción del movimiento espectral y componentes temporales de un estímulo auditivo y de este modo procesan como las frecuencias cambian a través del tiempo.	Plakke y Romanski, 2014; Zatorre y Zarate, 2012.
Red funcional de memoria de trabajo	Actividades que requieren de ensayo y mantenimiento de información musical activan esta red que comprende la corteza premotora ventrolateral, la corteza premotora dorsal, el plano temporal, lóbulo parietal inferior, la ínsula anterior y	Koelsch y cols., 2009; Royal y cols., 2016; Schulze, Zysset, Mueller, Friederici, y Koelsch, 2011.

	estructuras subcorticales.	
Corteza prefrontal medial	Existen indicios de estar involucrada en los procesos de memoria semántica musical y memoria autobiográfica a partir de la evocación musical.	Groussard y cols., 2010;Platel, Baron, Desgranges, Bernard, y Eustache, 2003; Janata, 2009; Von Der Heide, Skipper, Klobusicky, y Olson, 2013.
Regiones la corteza temporal y frontal del hemisferio derecho	Se ha observado activación en estas áreas cuando sucede la imaginación musical involuntaria, también se observa activación en el giro angular derecho.	Farrugia, Jakubowski, Cusack, y Stewart, 2015.
Corteza auditiva secundaria, corteza parietal, región frontal inferior y área motora suplementaria	Se ha reportado activación en estas áreas cuando se evoca a la imaginación musical voluntaria.	Brown Y Martinez, 2007; Halpern, Zatorre, Bouffard, y Johnson, 2004; Harris y De Jong, 2014; Peretz y cols., 2009; Zatorre, Halpern, Perry, Meyer, y Evans, 1996.
Corteza motora	Coordinación con la corteza auditiva, escuchar y codificar ritmos auditivos aumenta internamente la conectividad cerebral auditivo-motora	Chen, Penhune, y Zatorre, 2008a; Chen, Zatorre, y Penhune, 2006; Fujioka, Trainor, Large, y Ross, 2012; Grahn y Brett, 2007.
Vía corticoespinal	La activación de esta vía es modulada por la percepción del ritmo.	Giovannelli y cols., 2013; Michaelis, Wiener, y Thompson, 2014; Stuppacher, Hove, Novembre, Schütz-Bosbach, y Keller, 2013.
Redes del cerebelo-corticales	Sincronización del movimiento con estímulos externos	Brown, Martinez, y Parsons, 2006; Buhusi y Meck, 2005; Chauvigné y cols., 2014; Del Olmo, Cheeran, Koch, y Rothwell, 2007; Grahn y Rowe, 2013; Manto y cols., 2012; Thaut y cols., 2009; Witt, Laird, y Meyerand, 2008.

Cerebelo	Integración de la información sensorial y motora, predicción básica sensorial durante la sincronización motora.	Diedrichsen, Criscimagna-Hemming er, y Shadmehr, 2007; Gao y cols., 1996; Manto y cols., 2012; Mayville, Jantzen, Fuchs, Steinberg, y Kelso, 2002; Rao y cols., 1997; Schwartze, Keller, y Kotz, 2016; Shadmehr y cols., 2010; Thaut, Demartin, y Sanes, 2008; Tseng y cols 2007.
Red neuronal Corteza auditiva y motora	Escuchar y decodificar ritmos auditivos incrementa la actividad y conexión entre la corteza auditiva y motora, y la interacción de ambas áreas se incrementa con el entrenamiento musical	Chen, Penhune, y Zatorre, 2008; Chen, Zatorre, y Penhune, 2006; Fujioka, Trainor, Large, y Ross, 2012; Grahn y Brett, 2007; Grahn y Rowe, 2009.
Conexión entre regiones auditivas y motoras	Evidencia en distintos estudios ha demostrado mayor comunicación en las regiones auditivas y motoras que forman un circuito que genera predicciones temporales para el aprendizaje auditivo, percepción y seguimiento de ritmos musicales	Fujioka y cols., 2012; Large, Herrera, y Velasco, 2015; Large y Snyder, 2009; Ross, Barat, y Fujioka, 2017; Merchant y cols., 2015; Morillon y Baillet, 2017; Ross, Iversen, y Balasubramaniam, 2016.

En la tabla anterior, podemos visualizar algunos de los aportes que se han logrado descubrir en la interconexión del área motora y auditiva, demostrando su importancia para la percepción temporal y la producción de movimientos en el tiempo. El procesamiento temporal y la sincronización de movimientos involucran redes funcionales complejas que aún tienen mucha información que aportar para futuras investigaciones en el campo.

Existe un creciente cuerpo de investigación que proporciona evidencia de algunas funciones que ejerce el cerebelo, donde se ha encontrado que distintas regiones del



cerebelo se activan dependiendo del contexto y diferentes aspectos del tiempo, lo que indica que el cerebelo está organizado de manera topográfica y estas distintas regiones del cerebelo manejan información de distintos dominios (Thaut y Hodges, 2019). En la siguiente tabla se muestra la interacción del cerebelo con la información auditiva.

Redes neuronales cortico-cerebelares	Interacción con la información auditiva	Referencia
Red Cortico-cerebelares	Esta red está involucrada en la sincronización del movimiento con señales de estímulos externos	Brown, Martinez, y Parsons, 2006; Buhusi y Meck, 2005; Chauvigné y cols., 2014; Del Olmo, Cheeran, Koch, y Rothwell, 2007; Grahn y Rowe, 2013; Manto y cols., 2012; Thaut y cols., 2009; Witt, Laird, y Meyerand, 2008.
Corteza pre-motora	Juega un papel importante en el movimiento guiado por estímulos sensoriales externos y se cree que está involucrado en aspectos de la predicción y sincronización del movimiento con estímulos auditivos con una organización específica en el tiempo.	Chapin y cols., 2010; Chen y cols., 2008b; Jahanshahi y cols., 1995; Jäncke, Loose, Lutz, Specht, y Shah, 2000; Kornysheva y Schubotz, 2011; Pecenka, Engel, y Keller, 2013; Schubotz, 2007.
Red olivo-cerebelar	Esta red está involucrada en la detección de secuencias de las entradas corticales, generando actividad de respuesta precisa que proporciona optimización y coordinación de las redes neocorticales. Otros hallazgos reflejan que este circuito tiene características electrofisiológicas de un reloj fisiológico capaz de generar señales precisas de señales de tiempo, sugiriendo que el cerebelo se especializa en proveer representaciones explícitas de tiempo	Allman, Teki, Griffiths, y Meck, 2014; Ashe y Bushara, 2014; Ivry, Spencer, Zelaznik, y Diedrichsen, 2002; Spencer, Ivry, y Zelaznik, 2005; Teki y cols., 2012.
Cerebelo	Distintos estudios han demostrado que el cerebelo tiene un rol importante en	Grahn y Rowe, 2009; Grube, Cooper, Chinnery, y

	<p>las tareas que requieren discriminación temporal, procesamiento de la duración de una señal, detección del comienzo de eventos perceptuales discretos, detección de violaciones en las expectativas temporales y procesamiento de eventos temporales complejos como estímulos polirrítmicos y ritmos no-métricos</p>	<p>Griffiths, 2010; Kotz, Stockert, y Schwartz, 2014; O'Reilly, Mesulam, y Nobre, 2008; Paquette, Fujii, Li, y Schlaug, 2017; Schwartz, Rothermich, Schmidt-Kassow, y Kotz, 2011; Teki, Grube, Kumar, y Griffiths, 2011; Tesche y Karhu, 2000; Thaut y cols., 2008.</p>
<p>Red cortical Ganglios basales-Tálamo Áreas corticales</p>	<p>Esta red está involucrada con la percepción del Beat y percepción temporal</p>	<p>Leow y Grahn, 2014; Merchant y cols., 2015; Petter y cols., 2016; Teki y cols., 2012.</p>
<p>Ganglios Basales</p>	<p>Los Ganglios Basales realizan un rol importante en la predicción de eventos próximos, como predicción de recompensas, aprendizaje asociativo y procesamiento armónico</p>	<p>Salimpoor, Benovoy, Larcher, Dagher, y Zatorre, 2011; Salimpoor, Zald, Zatorre, Dagher, y McIntosh, 2015; Seger y cols., 2013.</p>
<p>Putamen</p>	<p>Juega un papel importante en la representación interna de intervalos de beat en tareas sensorio-motoras</p>	<p>Cunnington, Bradshaw, y Ianssek, 1996; Grahn y Rowe, 2013; Halsband, Ito, Tanji, y Freund, 1993; Rao y cols., 1997.</p>
<p>Sistema Límbico y auditivo</p>	<p>Ambos sistemas están fuertemente interconectados y forman parte importante de las redes neuronales involucradas en el procesamiento de sonido relacionado con lo afectivo</p>	<p>Frühholz, Trost y Kotz, 2016.</p>
<p>Redes Límbicas-auditivas</p>	<p>Juegan un rol en las respuestas rápidas al sonido, mientras que una red "lenta" que se proyecta desde el tálamo hasta la corteza auditiva primaria, desde la corteza de asociación hasta la amígdala, puede gobernar las respuestas interpretativas de etiquetado/comprensión durante el procesamiento de la música y las emociones evocadas por la música</p>	<p>Huron, 2006; Juslin y Västfjäll, 2008.</p>

En las tablas anteriores, podemos observar que la investigación en neuroimagen durante los primeros 20 años del siglo XXI ha identificado varias regiones cerebrales involucradas en los procesos cognitivos relacionados con la percepción musical, memoria, emoción y ejecución. Además, se enfatiza en las redes neuronales implicadas en el procesamiento de la música, generando una visión cada vez más globalizada del procesamiento involucrado con la información musical.

Los estudios en neurociencias de la música revelan una considerable superposición entre la música y el procesamiento del lenguaje. La memoria de trabajo para la música y el habla parece depender de los mismos fundamentos neuronales, y algunos argumentan que los aspectos estructurales basados en reglas de la música están respaldados por las mismas regiones que apoyan el procesamiento gramatical en el lenguaje. Es notable cuán profundamente se integra el procesamiento musical con otros aspectos del funcionamiento humano, desde el movimiento hasta la motivación. Esta superposición funcional y la plasticidad fundamental del cerebro, es decir, su capacidad de cambio, establecen las circunstancias por las cuales la experiencia musical puede afectar una serie de otras habilidades.

La percepción e interpretación de la música dependen en gran medida del procesamiento temporal. Por ejemplo, cada evento debe situarse en el tiempo en relación con los eventos circundantes, y los eventos deben agruparse para superar las limitaciones de la memoria. La estructura temporal de la música varía considerablemente de una cultura a otra, por lo que se ha supuesto que la implementación específica de los procesos temporales cognitivos y perceptivos difiere según la exposición y experiencia cultural de un individuo.

### **4.3 Psicobiología, Neurobiología y Musicalidad**

Existe un interés creciente en la musicalidad presente en especies no humanas. Lo que podemos aprender de la práctica musical al observar a especies animales que presentan comportamientos

musicales nos proporciona información relevante sobre los orígenes de la musicalidad y cómo ciertos aspectos de ella están presentes en otras especies.

La capacidad humana para incorporar el movimiento a ritmos externos pertenecientes al ambiente sonoro que nos rodea es una característica fundamental de la musicalidad, pero su origen evolutivo y sus fundamentos neuronales siguen siendo una parte desconocida para la investigación actual.

Charles Darwin propuso en 1871 que la habilidad para cantar e interpretar música podía tener un correlato adaptativo, sugiriendo que las habilidades musicales jugaban un papel importante en el cortejo de nuestros antecesores humanos (Merker y cols., 2000).

También sugirió que las expresiones de sonidos musicales estaban relacionadas con el desarrollo del habla, lo que dio paso a estudios futuros que abordarán la relación entre la música y el lenguaje. En el caso de la psicología, contamos con un campo con varias perspectivas que, al tener enfoques desde la terapia hasta la acústica, podrían permitir la elaboración de un estudio completo solo para el análisis del estado del arte de estas áreas derivadas de la psicología.

### **Teorías Evolutivas de la Música**

En el estudio de la música, existen posturas que respaldan distintos puntos de vista acerca del rol que tiene la música en la vida del ser humano. Algunas de ellas proponen que el comportamiento musical tiene una función adaptativa y sus orígenes se basan en las bases biológicas. Otras posturas proponen que la música es un producto enteramente cultural. Por último, hay posturas que combinan ambas teorías en una propuesta que atribuye a la conjunción de estas dos anteriores la función de la música.

### **Teorías Adaptacionistas**

Los antecedentes que respaldan la teoría de que el comportamiento musical tiene orígenes adaptativos son extensos. El primero de ellos fue la teoría adaptacionista de Charles Darwin, quien proponía que la música evocaba emociones y desempeñaba un rol importante en la interacción con ellas. Su principal pregunta era: ¿por qué la música evoca emociones humanas? La propuesta que planteó provenía de la observación de aves y su canto. Las aves utilizan esta habilidad como una herramienta para atraer a potenciales parejas o defender el territorio. Darwin relaciona estas observaciones con sus teorías y propuso las primeras teorías del origen adaptacionista de la música, vinculando el surgimiento de la música con los mecanismos de selección sexual (Patel, 2010). Darwin propuso la existencia de un "ancestro medio" que realizaba una actividad similar al canto de los pájaros para conseguir parejas, aunque especificó la posibilidad de que las habilidades musicales en la voz humana se hayan desarrollado antes para otros fines (Menninghaus, 2013).

Estudios recientes sobre comportamiento con ritmos simples y complejos en animales no humanos están allanando el camino para un enfoque comparativo que nos permitirá evaluar los orígenes y mecanismos del comportamiento rítmico en el futuro.

Un estudio realizado por Rouse, Cook, Large y Reichmuth (2016) muestra la capacidad de presentar comportamiento rítmico en un león marino. Este fue entrenado para sincronizar los movimientos de su cabeza con estímulos repetidos isócronos y mostró una generalización espontánea de esta capacidad a tiempos nuevos y ritmos complejos de la música.

El desempeño de Ronan, el lobo marino, en este estudio fue consistente con las predicciones de modelos matemáticos que describen la oscilación acoplada. Un modelo basado únicamente en el acoplamiento de fase coincidía fuertemente con su comportamiento, y el modelo se mejoró aún más con la adición del acoplamiento de período. Estos hallazgos representan la evidencia más clara hasta ahora de la paridad en el mantenimiento del ritmo humano y no humano, respaldando la opinión de que la capacidad humana para percibir y moverse en el tiempo al ritmo puede tener sus raíces en mecanismos neuronales ampliamente conservados.

## **5. Psicología y Música**

### **5.1 Introducción a la Psicología de la Música**

La psicología aborda distintos paradigmas en su estudio, y su definición como disciplina cambia según el enfoque desde la perspectiva que se analiza. El campo de la psicología cognitiva se centra en estudios relacionados con la percepción, aprendizaje, memoria, manejo, toma de decisiones y otras formas de interacción con la información que el ser humano obtiene de su entorno (Sternberg, 2012). El desarrollo de las investigaciones en psicología cognitiva ha permitido estudiar los procesos y el funcionamiento del comportamiento humano, así como las estructuras biológicas subyacentes a la conducta del ser humano.

En muchos campos de estudio emergentes, no hay trazos específicos que conduzcan a la investigación por un único camino lineal sin divergencias; esto es evidente en la investigación de la psicología de la música, que tiene orígenes y desarrollos desde diversas perspectivas científicas que convergen en su mayoría en la investigación actual. En este capítulo, me centraré en consolidar las investigaciones que marcaron puntos clave en el desarrollo de este campo.

En el caso específico de la psicología de la música, resulta difícil establecer cómo se aborda la música como objeto de estudio. Investigadores de distintas épocas reflexionaron acerca de lo que la psicología de la música estudiaba, dada la complejidad que involucra la música como estímulo. Algunos de estos investigadores optaron por analizar los componentes de la música (altura, frecuencia, timbre, consonancia, disonancia, intensidad, etc.), apartándose de una definición unitaria de la música y también de un ámbito estético al cual la música estaba ligada.

Antes de la fundación del laboratorio de psicología experimental en Leipzig en 1879, se comenzaron a construir dos líneas para la definición de música en psicología:

La primera propuso concebir a la música como vehículo de emociones y sentimientos. El interés por los fenómenos psicológicos musicales se enfocó en la idea de que las formas musicales se vuelven más complejas a medida que las emociones también lo hacen. Aunque esta propuesta fue estructurada por Eduard Hanslick, un musicólogo austriaco que proponía que, al ser una creación del hombre, la música es un producto histórico y, como consecuencia, está en constante cambio (Castro, 2013). La postura de Hanslick se centra en que la música es un fenómeno subjetivo, dependiente de su época y su contexto, definiéndolo como un "producto meramente artificial del ser humano."

La segunda línea se enfocó en estudios conductuales relacionados con la ejecución musical de intérpretes y la búsqueda de leyes musicales universales. El psicólogo Max Friedrich Meyer, que trabajó en el campo de la psicoacústica, señaló la dificultad para desarrollar estas teorías conductuales, ya que la objetividad en la percepción de notas se veía involucrada posteriormente en la subjetividad de la estética. El psicólogo Géza Révész señala la problemática de instaurar una psicología de la música, indicando que al tener una conexión con las emociones, la música debería ser un objeto de estudio para la psicología, pero dada su valor estético, la psicología experimental tenía limitaciones para abordar este tipo de estudios (Castro, 2013).

Autores como Max Friedrich Meyer, Edward Fry Bartholomew, Moritz Geiger, Henry Delacroix, Ernst Kurth, Benedetto Croce, entre otros, señalaban problemáticas principales al querer definir la música desde la perspectiva psicológica:

1. La dificultad para distinguir entre lo innato y lo aprendido de la práctica musical.
2. La dificultad para saber si la reacción inmediata observada en el oyente ante un estímulo estético era parte de un condicionamiento, si era una respuesta condicionada y convertida en hábito, o si era una respuesta racionalizada por el individuo.

3. La dificultad de trazar una línea entre la experiencia individual y la experiencia colectiva de la actividad musical.

4. La dificultad para determinar si la reacción emocional a la música era natural o construida.

Las problemáticas propuestas por los autores ya mencionados eran, en el siglo XX, un obstáculo difícil de superar, ya que la música como objeto de estudio en la psicología era muy compleja y la investigación dentro de un laboratorio experimental resultaba difícil de llevar a cabo.

Al enfrentarse a estas barreras y a las diferentes posturas contrastantes de los investigadores, la consolidación del campo de la psicología de la música se vio frenada.

Como se mencionó anteriormente, se adoptaron dos posturas: una desde la psicología experimental y otra desde un enfoque analítico y estético.

Las contribuciones de Eduard Hanslick al campo fueron fundamentales para el desarrollo de la psicología de la música. Gracias a sus planteamientos desde el formalismo y su relación con la estética y la psicología, trazó un camino para futuros investigadores que más adelante tomarían como plantilla, como Hemholtz, Fechner y otros psicólogos interesados en el campo.

Aunque durante muchos años la psicología se centró en el estudio de la música en el tiempo, con el avance en las investigaciones, este enfoque se redirigió hacia una característica más relacionada con la habilidad de interactuar y producir música. La habilidad estudiada actualmente en la psicología de la música es la musicalidad, siendo una característica representativa de la complejidad del comportamiento humano. Su estudio desde la perspectiva psicológica se ha desarrollado a partir de distintas aproximaciones que conforman el campo.

El estudio específico de la psicología de la música abarca múltiples áreas de investigación que forman una mirada interdisciplinaria. Las investigaciones en psicología y áreas afines estudian el procesamiento e interacción de la información musical en nuestro entorno. Aunque los inicios del



estudio de la música y su relación con los procesos psicológicos tienen su origen en la psicología, las aproximaciones al estudio de la musicalidad han desarrollado distintas perspectivas que conforman un área interdisciplinaria con antecedentes importantes, proporcionando una base teórica sólida para la formalización del área de investigación. La psicología de la música también forma parte de los enfoques conocidos como las ciencias cognitivas.

La perspectiva actual del estudio de la psicología de la música considera a la música como un producto de la psique humana. Una ventaja de la psicología es que ha logrado desarrollar herramientas que permiten el estudio de los procesos que subyacen a la música sin tener que recurrir a la descripción en palabras de la experiencia musical. Se han utilizado estudios como la neuroimagen, el EEG y tiempos de reacción en pruebas de comportamiento, entre otros.

Aunque en la actualidad se tiene una idea más clara y concisa del objeto de estudio del campo, el camino hacia la formalización del mismo fue difícil y complejo de aterrizar. Dado que es un área relativamente nueva, su exploración histórica ha sido realizada principalmente por unos pocos investigadores.

A continuación, presentaré una breve introducción histórica sobre la psicología de la música, siendo el origen de las investigaciones actuales que, aunque no todas son derivadas de las ramas de investigación de la psicología, convergen con la psicología de la música en la actualidad.

## **5.2 Antecedentes de la Psicología de la Música**

El trabajo de Hermann von Helmholtz (1831-1894), uno de los teóricos más importantes en música, sigue siendo hoy en día un pilar fundamental en las bases de la psicología de la música. Helmholtz propuso que los fenómenos musicales requieren una explicación desde el sistema de procesamiento auditivo del oyente y llevó a cabo importantes trabajos experimentales relacionados

con la percepción del tono, ritmo, disonancias, consonancias y combinaciones tonales. También realizó especulaciones fundamentales acerca de los mecanismos cognitivos que subyacen en la percepción musical. Los avances tecnológicos de la época permitieron que los científicos comenzaran a investigar los procesos auditivos bajo condiciones estrictamente controladas (Deutsch y cols., 1998).

A partir de estas investigaciones, el área de la psicoacústica comenzó a establecerse. Paralelamente al trabajo de Helmholtz, se desarrollaron los inicios de la psicofísica con Ernst Heinrich Weber (1795-1878) y Gustav Theodor Fechner (1801-1887). Fechner, partiendo de los trabajos de Weber sobre la percepción de peso, encontró que la discriminación en el cambio de peso no solo está relacionada con el aumento o disminución de la cantidad, sino que el organismo percibe cambios a partir de magnitudes relativas (Tortosa, 2006). Para Fechner (1876), el estudio y la aproximación de tipo experimental al arte eran igualmente válidos como cualquier otra propuesta analítica de los productos mentales del hombre.

Posteriormente, Thaddeus L. Bolton (1865-1948) publicó un estudio titulado "RITMO" en el que se presentaron distintos sonidos con variantes en intensidad, duración y acento a 30 participantes. Después de este estudio, Bolton no continuó con investigaciones relacionadas con el área, pero logró ser uno de los psicólogos más influyentes de su época.

El psicólogo y filósofo alemán Carl Stumpf (1848-1936) centró sus estudios en la investigación de la percepción espacial y auditiva. Realizó trabajos sobre psicología del sonido y contribuyó al desarrollo de la musicología como área de conocimiento. Una de sus publicaciones más relevantes para el campo de la psicología de la música fue el texto "Psychology of Tone," que incorpora un enfoque científico a los aspectos físicos de la música.

El inicio de los estudios por parte de Stumpf y la publicación de su libro "The Origins of Music" (1911) fueron fundamentales para edificar la psicología de la música como campo de investigación. Estas aproximaciones en la investigación fueron la base teórica que, al combinar distintas disciplinas,

lograba detallar medidas físicas y fórmulas matemáticas que explican la relación entre las ondas sonoras y la percepción musical.

Durante el siglo XX, se desarrolló un interés en las pruebas psicométricas que se enfocan en medir las aptitudes musicales. En un principio, las escalas se centraban en la medición de la discriminación de tonos, intensidad, timbre, duración y memoria rítmica y tonal en participantes sin formación musical, siendo pruebas de discriminación sensorial para conocer las aptitudes innatas musicales. Con el tiempo, se fueron agregando pruebas de discriminación armónica y melódica.

Carl Seashore (1866-1949), un psicólogo y educador al que se le considera el pionero formal de la psicología de la música, elaboró la primera prueba de importancia con respecto a la medición de aptitudes musicales (Morán, 2009). En esta prueba, Seashore plantea cuatro destrezas sensoriales: el sentido de la calidad del tono, de la consonancia, el volumen y el ritmo. Para Seashore, la percepción de las características sonoras era la dimensión de estudio de la música que tenía relevancia para conocer y medir las habilidades relacionadas con el estudio de la música y su percepción.

Después de los test de Seashore y las múltiples escalas desarrolladas en el periodo de 1920-30, empezaron a desarrollarse pruebas para medir el desarrollo del rendimiento musical. Al realizarse la creación de una gran cantidad de pruebas, se observó la medición de distintas aptitudes. A continuación, presentaré en la siguiente tabla una recopilación de diferentes tests desarrollados, basada en la tabla elaborada por investigadores de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

El acercamiento de los tests, pruebas y baterías psicométricas poseen un claro enfoque en el énfasis en los elementos de percepción sonora y algunos procesamientos cognitivos involucrados, en su mayoría, cualidades sensoriales.

Test	Dirigido a	mide	Autor	Año
Gaston Test	Aptitudes musicales	Tono, ritmo y acorde	Gaston E.	1958

Musical Aptitude Profile	Estudiantes de música	Melodía, armonía, ritmo y tiempo	Edwin G.	1965
Gordon Test	Aptitudes musicales	tono, melodía, tiempo y fraseo	Gordon E.	1965
Measures of Musical Abilities	Estudiantes de música	Tono, melodía, ritmo y acordes	Bentley A.	1966
The Belwin-Mills Singing Achievement Tests	Estudiantes de música	Lectura musical (canto) a primera vista	Bowles, Richard W.	1971
Test de creatividad musical	Valorar creatividad	Fluidez rítmica, síntesis y creatividad	Vaughan M	1977
Measures of musical divergent production	Producción musical	Fluidez, flexibilidad, elaboración, originalidad y calidad	Golder W.	1980
Test de identificación tonal e interválica	Alumnos del conservatorio	Diferentes tipos de oído: absoluto, pasivo o su ausencia. Intervalos	Laucirica A.	1999

8

Como se puede observar en la tabla anterior, el desarrollo de tests y pruebas experimentó un crecimiento y desarrollo exponencial durante el siglo XX. Las pruebas en psicología tomaron importancia como métodos de medición en la búsqueda de aptitudes y características musicales.

El avance de las pruebas y tests que evalúan las aptitudes o rendimiento musical empezaron a mostrar obstáculos, como la dificultad para definir los rasgos a medir en las pruebas y las dificultades y problemas de validez. Se buscó la definición de conceptos relevantes para los tests, como el concepto de "habilidad musical", "gusto musical" y "musicalidad".

---

<sup>8</sup> Tabla adaptada del artículo la habilidad musical: evaluación e instrumentos de medida.(Quintana y cols., 2011)

Gracias al desarrollo de las pruebas psicométricas musicales, la reflexión sobre las habilidades musicales se extendió y se exploraron conceptos en cada prueba y test desarrollado durante esta época.

El psicólogo Carl Seashore enfocó sus estudios en el talento musical en el individuo, utilizando diferentes pruebas estandarizadas para medir la habilidad del individuo para percibir distintas dimensiones de la música y cómo la aptitud musical difiere entre estudiantes. Diseñó pruebas musicales centradas en la discriminación de tono, volumen, tempo, ritmo y timbre. También dedicó parte de su investigación a la percepción, uso y medición del vibrato. Los estudios que realizó lo llevaron a la culminación de pruebas para determinar el "talento musical" y construyó distintos dispositivos para medir la agudeza auditiva en el individuo. Después de años de investigación, propuso que el talento musical no debe ser reducido a un solo constructo, ya que es el producto de una serie de diferentes rasgos musicales.

Durante la década de 1960, cuando el interés por los aspectos cognitivos y el desarrollo formal de la psicología cognitiva, se orientó hacia los aspectos cognitivos y su relación con la música, llevando el término "psicología de la música" a la "cognición musical". Esto dio una nueva dirección de manera progresiva al estudio de la música, con una perspectiva del procesamiento de la información musical en la mente humana. Esta perspectiva marcó el inicio de un enfoque interdisciplinario, implementando el uso de tecnologías y métodos nuevos, como modelamiento computacional, sistemas dinámicos, redes neuronales y la respuesta del sistema nervioso a estímulos musicales, entre otros.

Estos avances en el campo de la psicología, que dirigían al área por un camino centrado en la percepción, fueron el antecedente del campo de la psicología en la música. A partir de estos hallazgos, las investigaciones empezaron a tomar forma en el campo de estudio.

### **5.3 Desarrollos Actuales en el Estudio de la Música en Psicología**

Tras años de construcción y desarrollo del campo de la psicología musical, se ha logrado un considerable avance en las investigaciones sobre cognición y percepción musical. En este punto, es importante mencionar que la construcción del campo converge en distintas áreas de investigación, dando como resultado múltiples enfoques para el estudio de la música, los cuales resultan difíciles de encasillar en un área global de estudio.

La música, desde la perspectiva de la psicología, es más que el arte de combinar sonidos y silencios utilizando los fundamentos de la teoría musical. Para la psicología, la música refleja los procesos psicológicos que se llevan a cabo para realizar las prácticas musicales, y se han desarrollado distintas áreas que analizan estas prácticas desde diversas perspectivas.

En la actualidad, los enfoques se centran en múltiples caminos de estudio. A continuación, se presentarán investigaciones actuales que delinean el camino de la investigación en este campo.

La Psicología del Desarrollo de la Música es una de las áreas que conforman el campo de la psicología de la música, siendo uno de sus principales representantes David J. Hargreaves, psicólogo miembro de la Sociedad Británica de Psicología. Fue editor de *Psicología de la Música* de 1989 a 1996 y Presidente de la Comisión de Investigación de la Sociedad Internacional para la Educación Musical (ISME) de 1994 a 1996. Actualmente, forma parte de los consejos editoriales de 10 revistas de psicología, música y educación. Sus investigaciones se centran en la relación entre el desarrollo, la educación y la música. Este campo combina distintas perspectivas, como la teoría del aprendizaje, teorías del desarrollo, la psicología cognitiva, aproximaciones psicométricas, estética experimental y psicología social. Como se puede observar, la convergencia de distintas áreas está presente en investigaciones con un enfoque específico.

Estas investigaciones y relaciones con las teorías del desarrollo han trazado avances en la investigación del desarrollo musical en niños, la sensibilidad al arte, respuestas a los estímulos de

sonidos musicales y el desarrollo de habilidades melódicas (discriminación del tono, oído absoluto y relativo y adquisición de tonalidades), así como habilidades armónicas y rítmicas. Estudios dentro de este campo de investigación logran converger en las teorías de educación musical, desarrollando métodos y pruebas psicométricas que contribuyen a la investigación y desarrollo de habilidades musicales.

La psicóloga Diana Deutsch dedicó gran parte de su investigación a la psicología de la música, colaborando con investigadores para determinar los campos que construyen el área de investigación. Sus aportaciones se han centrado en las ilusiones musicales y paradojas, como la ilusión de la octava, la ilusión del glissando, la ilusión de la escala, la paradoja del tritono, entre otras. Estas contribuciones ofrecen información relevante para el campo de la percepción y el procesamiento de información musical en los procesos psicológicos.

En el siglo XXI, la investigación ha tomado un rumbo interdisciplinario que resulta difícil de categorizar. Las investigaciones que aportan información al campo de la psicología de la música también forman parte de otros campos de investigación que no pertenecen a la psicología. Esto ha permitido la colaboración de investigadores pertenecientes a distintas áreas del conocimiento, haciendo más difícil la tarea de categorizar y encasillar las contribuciones al campo de investigación. Un ejemplo del gran crecimiento de la investigación es el área de las ciencias cognitivas, que se abordará en el siguiente capítulo.

## **6 Musicalidad y Prácticas Musicales**

Durante décadas, se ha estudiado la relación entre la música y sus bases biológicas en el cerebro. Sin embargo, estos estudios estaban centrados directamente en el análisis de la interacción entre el ser humano y la música. Este enfoque ha sido redirigido en investigaciones actuales hacia el análisis de la musicalidad en lugar de la música en sí misma. Los procesos cognitivos involucrados en la percepción, decodificación, análisis y creación de la música están relacionados con las características

biológicas que nos permiten llevar a cabo estas actividades, caracterizando así el factor emergente del ser humano que es la musicalidad.

La presentación de la musicalidad como concepto involucra el trabajo multidisciplinario de diferentes campos de estudio.

## **6.1 Definiendo el Constructo de Musicalidad**

La definición del concepto de musicalidad implica el acercamiento de diferentes estrategias para poder definirla. Una de ellas consiste en caracterizar los rasgos universales presentes en el comportamiento musical.

El desarrollo de las investigaciones en musicalidad nos proporciona cuatro aproximaciones al concepto. Heiner Gembris, investigador y musicólogo alemán, rastreó los enfoques desde distintas perspectivas, organizándose en tres aproximaciones dentro del desarrollo en el campo de la musicalidad. A continuación, se presenta la tabla propuesta por Gembris, con una modificación actual que refleja la nueva etapa de investigación desde la perspectiva biológica, la cual ha tenido un desarrollo destacado en el siglo XXI.



### I. Aproximación fenomenológica

Michaelis (1805)	Billroth (1895)
---------------------	--------------------

### II. Aproximación psicométrica

Seashore (1919)	Wing (1939/61)	Gordon (1989)
--------------------	-------------------	------------------

### III. Aproximación significado musical

Stefani (1987)	Sloboda (1993)	Blacking (1990)
-------------------	-------------------	--------------------

### IV. Aproximación biológica

1800	1900	2000	Cross (2009)	Honing (2015)
------	------	------	-----------------	------------------

<sup>9</sup> Figura 6.1: tabla de aproximaciones de musicalidad de Heiner Gembris.

A continuación, se explicarán brevemente los enfoques propuestos por Gembris en la tabla anterior y su desarrollo a lo largo de la historia del campo de investigación, añadiendo la nueva etapa que se ha desarrollado en el siglo XXI.

El surgimiento del interés en las cualidades musicales se hace evidente en el siglo XVIII, donde se desarrolla una aproximación fenomenológica al estudio de la musicalidad con una visión centrada en el talento musical y su relación con las habilidades que permiten percibir y producir música, involucrando el contexto que relacionaba la estética musical y los ideales de belleza artística específicos de la época (Wulf Diaz, 2019).

El filósofo alemán Christian Friedrich Michaelis (1770-1834) estudió la musicalidad desde la perspectiva de ser un conjunto de destrezas. También relacionó el concepto de gusto musical con las habilidades de discriminación auditiva inherentes a la musicalidad. Michaelis fue uno de los pioneros

<sup>9</sup> Modificación de la tabla de aproximaciones al término de musicalidad de Heiner Gembris. (Gembris, 1997)

en elaborar una lista que compila una propuesta de habilidades relevantes para la escucha y la interpretación musical. Entre estas habilidades se encuentran:

- Habilidades de discriminación musical
- Memoria musical
- Atención musical
- Disfrute de la música
- Buen gusto musical
- Imaginación para componer e interpretar música
- Riqueza en ideas estéticas
- Precisión para reproducir melodías
- Expresividad musical en canto y ejecución

Desde la perspectiva de Michaelis, los dos aspectos más relevantes del talento musical eran el "gusto musical" y las habilidades de discriminación musical. Propuso que ambas habilidades eran las idóneas para poner a prueba, asignando tareas de discriminación y categorización de ejemplos musicales, donde se clasificaban en tres áreas: "mal ejemplo musical", "medio ejemplo musical" y "buen ejemplo musical" (Gembris, 1997).

La aproximación de Michaelis estaba asociada con los ideales estéticos de su época, la estética clásica del siglo XVIII.

En esta misma corriente fenomenológica, el médico, intérprete y compositor alemán Theodor Billroth (1829-1894) publicó el libro "Wer ist musikalisch?" (¿Quién es musical?), siendo el primer libro monográfico escrito desde la perspectiva de un médico. Billroth propuso en su publicación que la percepción de la forma musical era el criterio más relevante de la musicalidad, teniendo influencia de las ideas del musicólogo Eduard Hanslick, quien proponía que "la música no era más que formas

de movimiento tonal" (Gembris, 1997), al plantear que la música era equivalente a las formas tonales, su definición de musicalidad era la percepción de formas de movimiento tonal.

El músico Mantle Hood comenzó a cuestionar en los años sesenta la perspectiva desde la cual los etnomusicólogos estudiaban la música no occidental. A partir de su publicación "The Challenges of Bi-musicality" (Hood, 1960), empezó a plantear la palabra "musicalidad" como objeto de estudio. Su planteamiento centraba a la musicalidad como un factor que consistía en la habilidad innata para la música, considerando también que es una habilidad que puede ser producto de entrenamiento y estudio.

La segunda fase del acercamiento a la musicalidad tomó la perspectiva de la psicometría, centrandó su visión en la búsqueda de una definición imparcial y objetiva de la musicalidad. También buscó la evaluación de la misma mediante test psicométricos estandarizados. En esta fase se logró distinguir una separación de las habilidades musicales y las normas estéticas. Los tests y baterías desarrollados en esta fase tienen una sección específica en el capítulo de psicología y música de la presente tesis. Entre las pruebas, podemos destacar la prueba de Carl Seashore, psicólogo y educador estadounidense que desarrolló investigación en el campo del lenguaje, la educación musical y la psicología de la música y el arte. Esta fue la primera batería desarrollada para medir aptitudes musicales.

La perspectiva de Seashore con respecto a la musicalidad era la evaluación y medición de respuestas a los elementos y atributos psicológicos que subyacen en las bases de la musicalidad (Wulf Diaz, 2019). Para Seashore, la instancia relevante para evaluar estos atributos era la propiedad sonora, sin considerar otras dimensiones.

En esta aproximación, el enfoque se concentró en medidas restringidas de algunos aspectos específicos de la musicalidad estudiados durante esta época particular. En particular, las validaciones de estas pruebas eran bajas debido a factores externos que influyen en las medidas estipuladas dentro de las pruebas desarrolladas.

Dado el interés de investigadores y diferentes áreas en la musicalidad, hubo personas como el compositor Theodor W. Adorno cuestiona el enfoque de Seashore hacia la musicalidad desde las pruebas psicométricas, expresando su posición sobre la reducción de la musicalidad en la medición de habilidades sensoriales, proporcionando un punto de vista distinto al de los investigadores de la época.

También, el escritor James Mursell, autor de libros en el campo de la música, psicología y educación musical, señaló durante este periodo la importancia de considerar comportamientos musicales como el canto, la interpretación y la comprensión teórica de la música como aspectos que deberían tener relevancia para abordar la musicalidad como un fenómeno más complejo de lo que las pruebas estandarizadas proponían. Para Mursell, la musicalidad estaba relacionada con la conciencia de las configuraciones tonales rítmicas asociadas al contexto cultural y la respuesta emocional que provocan. Desde otro punto, la educadora e investigadora Marilyn Pflederer expresó que la música abarca una complejidad mayor que sus aspectos individuales y señaló que la musicalidad involucra dos variables fundamentales: la interacción entre el objeto musical y el organismo humano (Wulf Diaz, 2019).

El psicólogo y musicólogo húngaro Géza Révész propuso que la musicalidad es la habilidad de disfrutar la música a partir de la estética, pero con una visión distinta a la fenomenológica, ya que estaba centrada en la capacidad del oyente para comprender y analizar la estructura de una pieza.

Durante este periodo, el investigador Arnold Bentley, pionero en el área de investigación en educación musical y autor del libro "Musical Ability in Children and Its Measurement," propuso que la habilidad musical es principalmente una habilidad cognitiva (1968), abriendo paso a un enfoque cognitivo por parte de la educación musical.

La tercera etapa en el estudio de la musicalidad se caracterizó por el significado musical, centrando su aproximación en la esencia del significado musical.

El musicólogo y semiólogo italiano Gino Stefani(1987) propuso una conexión entre la musicalidad y la habilidad de conferir sentido a través de la música.

John Sloboda, investigador en psicología de la música, establece que la habilidad musical es la capacidad de crear sentido a partir de la música (Gembris, 1997).

En la misma línea de investigación, el antropólogo y etnomusicólogo inglés John Blacking relaciona la inteligencia musical con el conjunto de habilidades cognitivas y afectivas del cerebro para conferir significado a la música.

En 1995, los autores Welch y Durrant publicaron el libro "Making Sense of Music", donde profundizan en la idea de que la significación musical es individual y subjetiva, y es una habilidad inherente a cada ser humano para otorgar sentido musical. Este concepto se dirige, en parte, hacia la educación musical.

Para cerrar esta etapa, el musicólogo alemán Heiner Gembris añade que el contexto que rodea a la musicalidad es fundamental; la cultura es un punto crucial para el estudio de la musicalidad. Además, destaca la necesidad de un enfoque fenomenológico de las habilidades musicales (Wulf Diaz, 2019).

El enfoque en las primeras dos décadas del siglo XXI ha sido un período clave para el desarrollo de la perspectiva biológica y cognitiva de la musicalidad. Esta cuarta fase en la búsqueda de la musicalidad se ha caracterizado por la sinergia interdisciplinaria de la musicología, etnomusicología, psicología, neurociencias y biología (Honing, 2018a).

Una perspectiva fundamental para guiar el progreso en los campos de la psicología de la música y las neurociencias es la idea de que los seres humanos son oyentes musicales con habilidades sofisticadas para interactuar con la música. Incluso aquellos que carecen de entrenamiento o

experiencia en música poseen habilidades que demuestran un conocimiento implícito de formas y estilos musicales propios de su cultura (Honing, 2018a).

Esta cuarta etapa se caracteriza por el trabajo interdisciplinario entre diversas áreas de investigación. A diferencia de las fases anteriores, la colaboración y el trabajo conjunto de cada área han llevado a una comprensión de la musicalidad con un enfoque que aborda una parte más amplia de su complejidad. Otra característica importante es el desarrollo tecnológico y el avance exponencial de los descubrimientos en el campo de las neurociencias, así como los hallazgos de la psicología en el desarrollo y la sensibilidad musical en los infantes. La biología, por su parte, ha investigado en animales, mostrando una aproximación a las bases biológicas y proporcionando indicios sobre los mecanismos fundamentales que subyacen a la musicalidad en los humanos y, también, en otras especies. Esto ha llamado la atención de los investigadores hacia la cualidad innata, biológica y universal de la musicalidad.

Además, el investigador Wulf Díaz señala en sus investigaciones que existen dos enfoques para los componentes de la musicalidad: el primero se centra en los aspectos de dominio general y específico, y el segundo en los aspectos de componentes innatos y adquiridos (Wulf Díaz, 2019).

En esta perspectiva de dos acercamientos, es importante destacar que ambos pueden estructurarse en dos enfoques: el primero considera la musicalidad como experticia técnica, mientras que el segundo la concibe como una capacidad universal. El investigador Ian Cross relaciona la musicalidad con el aprendizaje y desarrollo de experiencia, así como la adquisición de habilidades que permiten al individuo crear música. Esta perspectiva es respaldada por distintos investigadores que centran su visión en el desarrollo de habilidades que posibilitan a un individuo obtener experiencia en el ámbito musical. El segundo enfoque está relacionado con la universalidad de la musicalidad, según el investigador Stefan Koelsch, quien especifica que la musicalidad es una habilidad natural del cerebro humano (Koelsch, 2013). Aunque estas dos perspectivas abordan el fenómeno de la musicalidad desde distintos puntos de partida, no se excluyen mutuamente, sino que se complementan, desarrollando líneas de investigación que abordan las bases de la musicalidad en su forma innata y

líneas de investigación que exploran la musicalidad a partir del desarrollo y experiencia de estas habilidades.

En esta fase, la definición de musicalidad apunta a ser un rasgo cognitivo, y su estudio se centra en los mecanismos de la musicalidad (Honing y Ploeger, 2012). El investigador Henkjan Honing, profesor de cognición musical y uno de los pioneros del campo interdisciplinario de la musicalidad, señala en el libro "Origins of Musicality" que la musicalidad puede ser definida de la siguiente manera: "La musicalidad en toda su complejidad se puede definir como un conjunto de rasgos naturales que se desarrollan espontáneamente, basados y limitados por nuestro sistema cognitivo y biológico" (Honing, 2018a), haciendo una distinción con la música, definiéndose como: "La música en toda su variedad se puede definir como una construcción social y cultural basada en esa misma musicalidad. Como tal, el estudio de los orígenes de la música está condicionado al estudio de la musicalidad" (Honing, 2018a).

Estas definiciones en el creciente campo de la musicalidad crean un punto de partida diferente para las investigaciones futuras. Un aspecto a recalcar está relacionado con la distinción que se hace entre música y musicalidad, definiéndose como dos conceptos diferentes. Esta distinción es un punto fundamental para la cuarta fase de la investigación y definición del término musicalidad.

## **6.2 Aspectos Cognitivos de la Musicalidad**

Dado el vasto acercamiento a definir la musicalidad desde distintas perspectivas, han surgido dudas en el campo como: ¿Cuáles son los componentes que forman la musicalidad? El énfasis que se debe realizar en los aspectos cognitivos y biológicos de la musicalidad es la base para el estudio de futuras investigaciones. Dada la complejidad del amplio campo de la musicalidad, resulta difícil estudiarlo como un todo. El investigador Henkjan Honing y la investigadora Annemie Ploeger hacen énfasis en analizar los procesos básicos que conforman la musicalidad (Wulf Diaz, 2019).

Las investigaciones sobre las posibles bases biológicas de la musicalidad cuentan con tres dimensiones de abordaje propuestas por el bio musicólogo Nils L. Wallin: la dimensión de los orígenes filogenéticos de la música, el desarrollo en el ciclo vital y su relación con la ontogenia, y, por último, la interacción de la biología y la cultura con la música (Wulf Diaz, 2019).

### **6.3 Constructo de Musicalidad en las Ciencias Cognitivas**

Para estudiar un fenómeno, es esencial sistematizar el objeto de estudio en una definición. En el caso de la musicalidad, investigadores de múltiples áreas han enfocado sus estudios en distintas definiciones que expliquen por qué la musicalidad representa parte de la complejidad del ser humano. También existen trabajos que se concentran completamente en desarrollar una descripción de qué es la musicalidad (Wulf Diaz, 2019). Su definición desde la perspectiva de las ciencias cognitivas ha pasado por muchas fases, ya que se ha tratado de establecer no sólo su definición como constructo, sino también se ha indagado en las cualidades que la subyacen.

Aunque no existe un concepto de musicalidad que sea relativamente fijo, se ha utilizado ampliamente en distintos contextos. El término de musicalidad se ha utilizado en distintas investigaciones como punto focal. Durante los últimos años, se han realizado investigaciones sobre las similitudes y diferencias en la música alrededor del mundo que sustentan las hipótesis que han surgido acerca de las bases biológicas de la musicalidad (Honing, 2019).

Marcus Pearce y Martín Rohrmeier (2012) proponen que los lazos entre la música y las ciencias cognitivas son múltiples, tomando como base tres temas que se distinguen en las ciencias cognitivas. En primer lugar, existe una aproximación cada vez más grande hacia la idea de que la música es un rasgo humano universal que desempeña un papel crucial en la vida cotidiana de todo ser humano. En segundo lugar, la música tiene un papel importante en el desarrollo y se especula que juega un papel crucial en la evolución humana. En tercer lugar, desde la perspectiva del estudio de la evolución



humana, el procesamiento cognitivo de la música involucra simultáneamente la mayoría de los procesos perceptivos, cognitivos y emocionales en los que varias disciplinas están interesadas.

La definición de musicalidad ha ido cambiando a medida que se modifica el enfoque por el cual es definido en distintas disciplinas. La musicalidad ha implicado un desarrollo en su definición, desde habilidades puramente auditivas y relacionadas directamente con la estética de la época hasta la búsqueda del significado en los estímulos musicales basada en la cognición y la emoción (Wulf Diaz, 2019). En el capítulo enfocado a la musicalidad, se sistematiza acerca de las múltiples aproximaciones a la definición del constructo de musicalidad.

Para terminar de explicar las definiciones de musicalidad desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, hay varias aproximaciones al término de musicalidad, propuestas con distintos fines. Por ejemplo, Henkjan Honing propuso una definición que distingue a la música de la musicalidad con el fin de determinar el objeto de estudio de sus investigaciones.

Honing (Honing, 2018b) determinó que la música es un constructo sociocultural, y por otro lado, la musicalidad es un conjunto de capacidades biológicas que permite la producción y percepción de sonidos en música.

Patel (2015) define a la música como un constructo social y cultural que refleja el contexto en el que es creado, así como todas las otras artes, distinguiendo a la musicalidad como un conjunto de procesos mentales que subyacen al comportamiento y percepción musical, proponiendo que estos procesos mentales son más estables que la música en cuanto a la diversidad que existe en el tiempo y las diferencias entre culturas.

Otra aproximación al constructo de musicalidad es propuesta por Tecumseh Fitch, desde la perspectiva de la biomusicología. Propone que la musicalidad se refiere a un conjunto de capacidades e inclinaciones que permiten a la especie humana generar y disfrutar la música en toda su diversidad (Honing, 2018b). Partiendo de esta definición, se plantea que en el campo de la biomusicología, la

musicalidad está arraigada a la biología humana, siendo un aspecto típico de nuestra especie compartido por todas las culturas humanas. Por otro lado, la música es el producto de la musicalidad humana y es extremadamente diversa entre culturas y periodos históricos. En cambio, la musicalidad es un aspecto estable de nuestra biología que puede ser estudiado desde distintas perspectivas, como la biológica, cognitiva, del desarrollo, etc.

<b>4 componentes musicalidad de la</b>	<b>Características</b>
Canto: vocalización compleja y aprendida	El canto es una característica que se ha observado en distintas culturas y civilizaciones, haciéndolo una característica universal del ser humano, también se ha observado esta característica en otras especies animales.
Música Instrumental: percusión y drumming	La expresión percusiva con instrumentos y herramientas no vocales son el segundo componente que se ha observado en distintas culturas, Fitch define a la música instrumental como la creación de señales acústicas comunicativas a través de medios no vocales(canto).
Sincronización Social	La sincronización de conductas musicales con otros humanos es una parte fundamental de la musicalidad humana, Esta actividad se refiere a la realización y sincronización de una conducta idéntica al mismo tiempo, como aplaudir o cantar al mismo tiempo.
Danza	La habilidad de bailar ha sido separada por investigadores por su profunda complejidad, pero la relación entre la danza y la música es difícil de separar, la sincronización que los danzantes usan para la música el movimiento y la simultaneidad de movimiento con otros humanos

Fitch propone identificar 4 componentes clave a partir de las 4 preguntas explicativas de Tinbergen, partiendo del principio de: ¿cuáles son los componentes biológicos relevantes que subyacen en la musicalidad humana?

Estos componentes propuestos por Fitch (Honing, 2018b) son preliminares, y se especifica que son el punto de partida para realizar nuevas propuestas y modificar estos componentes en futuras investigaciones, siendo la base para el estudio de nuevos datos enfocados en estos supuestos.

La propuesta de estudiar los aspectos que conforman el fenómeno de la musicalidad es el punto central del desarrollo actual en el área. Determinar los aspectos específicos es una tarea en desarrollo.

## **7 Aplicaciones del Estudio de la Musicalidad**

El estudio de los efectos de la música en el ser humano y en otras especies ha proporcionado información relevante en el campo de las ciencias cognitivas y la salud, permitiendo el uso de la música como herramienta en el tratamiento de diversos trastornos y afecciones de la salud mental y física del ser humano.

En la actualidad, las aplicaciones del estudio de la musicalidad desde la psicología y las ciencias cognitivas tienen diversos enfoques en el campo de la educación, la producción musical, la salud mental, la geriatría y la medicina. Cada uno de estos campos ha transformado las prácticas musicales en herramientas para lograr distintos objetivos.

### **Musicoterapia**

El uso de la música en la salud tiene orígenes antiguos. Desde Pitágoras, quien le atribuía una relación con el espíritu y la describe como la "medicina del alma" (Berrocal, 2009), otros filósofos como Aristóteles y Platón sugerían que la música influía en los estados de ánimo. Aunque se había indagado sobre el acercamiento de la música a la salud y sus aplicaciones, no fue hasta 1944 que se oficializó el área de la musicoterapia (Huang y Li, 2022).

El impacto de los efectos de la musicoterapia ha captado la atención de investigadores dentro del área de las neurociencias y la cognición musical. La conexión entre música y salud tiene distintas aproximaciones que se han rastreado por la información detectada proveniente de tradiciones indias, judías, musulmanas y occidentales.

El uso de instrumentos musicales desempeña varios roles importantes, como en la realización de rituales y procedimientos en creencias sobre la evocación de espíritus por medio de melodías y ritmos (Horden, 2016).

El interés por la música como una herramienta para la salud ha tenido interés en una vasta cantidad de culturas y civilizaciones a lo largo del mundo. Rastrear su origen es una tarea complicada y que requiere de una investigación aparte. De igual manera, es importante recalcar que la música tuvo usos con distintos objetivos a lo largo de la historia de la humanidad. En el Antiguo Egipto, se le atribuía influencia en la fertilidad, y en otras civilizaciones, se relacionaba con distintas divinidades.

La cultura griega dio importancia a la música como un medio de curación a enfermedades específicas. Aristóteles relaciona la música con las emociones, y así como estos, existen más ejemplos de las creencias que existían en la importancia de la música para la salud (Berrocal, 2009).

A inicios de los años 90 del siglo XX, los avances en investigación con herramientas tecnológicas como la neuroimagen, grabación de ondas cerebrales y otras, dieron oportunidad a la visualización de los procesos involucrados en la experiencia musical.

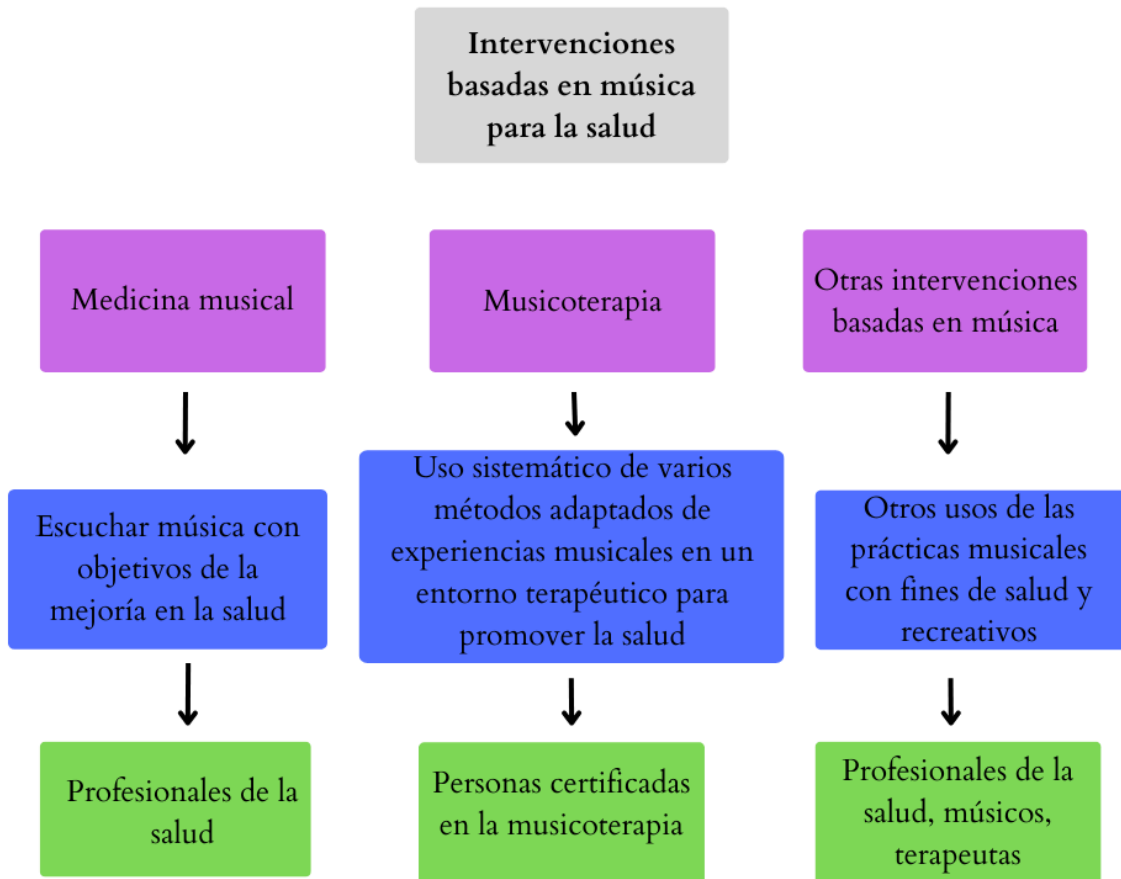
Las investigaciones vislumbraron 2 puntos importantes.

El primero es que no existe un área o áreas exclusivas en el cerebro para el procesamiento musical y que la música activa distintas redes neuronales, promoviendo la interacción entre ellas.

El segundo punto está relacionado con el aprendizaje musical y cómo éste desarrolla vías neuronales, mostrando diferencias en el desarrollo de conexiones neuronales en personas que aprenden música y personas que no aprenden música (Hallam y Cols, 2016).

En la actualidad, la musicoterapia es una profesión basada en evidencia científica que relaciona la experiencia musical con la terapia física, emocional, cognitiva o social dependiendo de las necesidades del individuo (Stegemann y cols., 2019).

Esta práctica se caracteriza por ser un complemento interesante con otros tratamientos de la salud, al involucrar el arte y la medicina. Su práctica proviene de 3 acercamientos que veremos en la siguiente tabla.



<sup>10</sup> Figura 7.1: Esquema de las líneas de musicoterapia

En la tabla anterior, podemos observar los tres enfoques basados en la música en la salud, que reflejan la línea de abordaje creada a partir de la disciplina de la que provenga el especialista.

En la musicoterapia, existen cuatro métodos que comúnmente se logran distinguir en la práctica clínica: improvisación, escucha, recreación y composición. Dependiendo del método, el musicoterapeuta y el objetivo, se determina la combinación o la herramienta que sea utilizada para el tratamiento. El trabajo realizado por el musicoterapeuta es, en su mayoría de casos, acompañamiento de un equipo de profesionales que trabajan en conjunto, siendo la musicoterapia, en mayor medida, un tratamiento de acompañamiento con otros tratamientos.

<sup>10</sup> Esquema de las líneas de musicoterapia, Traducida del artículo Music therapy and other music-based interventions in pediatric health care: An overview. (Stegemann y cols., 2019)

Tipo de intervención	Práctica en tratamiento y objetivos
Interpretación musical	Los objetivos en esta práctica son la autoexpresión, identificación de emociones, entrenamiento de habilidades perceptivas y auditivas, funciones ejecutivas, motivación autoestima y socialización. Las intervenciones con interpretación musical en general involucran ensambles de ejecución musical con instrumentos o voz, terapia de canto con grupos, improvisación individual con la música entre otros.
Psicoterapia musical	Utiliza técnicas en terapia musical de grupos para apoyo e interacción y terapia individual, en esta práctica se tienen metas como la identificación y expresión de emociones, resolución de problemas, concientización del comportamiento personal, involucrando la interacción con escucha guiada de música y análisis del contenido. Involucra escucha guiada, imaginería guiada con música y psicodrama.
Movimiento y música	Existen distintas técnicas que involucran el movimiento y la música, entre ellas podemos encontrar: interacción a partir del movimiento, movimiento expresivo, baile, ejercicio y música entre otros, en esta práctica existen muchos objetivos a partir del movimiento con la música.
Música combinada con otras artes expresivas	Es generalmente usada en el tratamiento para desórdenes mentales como un estímulo externo multisensorial, se integra con otras artes como la pintura, escultura, drama, escritura entre otras. Da oportunidad a la expresión y puede ser utilizada en terapia grupal o individual
Recreación y música	En esta práctica se realizan actividades para la integración de grupos, completar tareas, participación social, realización de metas específicas y aprovechamiento de tiempo libre.
Música y relajación	El objetivo de esta práctica se centra en la relajación de situaciones con tensión o ansiedad involucradas, la persona involucrada recibe tratamiento para relajar la tensión o ansiedad provocada por una situación.

En el campo de la Musicoterapia se han desarrollado intervenciones que han tenido un impacto importante en 3 campos específicos, terapia con niños, en población geriátrica y población con desórdenes neurológicos.

Los objetivos en esta práctica son la autoexpresión, identificación de emociones, entrenamiento de habilidades perceptivas y auditivas, funciones ejecutivas, motivación, autoestima y socialización. Las intervenciones con interpretación musical, en general, involucran ensambles de ejecución musical con instrumentos o voz, terapia de canto con grupos, improvisación individual con la música, entre otros.

Utiliza técnicas en terapia musical de grupos para apoyo e interacción y terapia individual. En esta práctica, se tienen metas como la identificación y expresión de emociones, resolución de problemas, concientización del comportamiento personal, involucrando la interacción con escucha guiada de música y análisis del contenido. Involucra escucha guiada, imagería guiada con música y psicodrama.

Existen distintas técnicas que involucran el movimiento y la música. Entre ellas, podemos encontrar interacción a partir del movimiento, movimiento expresivo, baile, ejercicio y música, entre otros. En esta práctica, hay muchos objetivos relacionados con el movimiento y la música.

Es generalmente utilizada en el tratamiento de trastornos mentales como un estímulo externo multisensorial. Se integra con otras artes, como la pintura, la escultura, el drama, la escritura, entre otras. Brinda la oportunidad para la expresión y puede ser aplicada en terapia grupal o individual.

En esta práctica, se llevan a cabo actividades para la integración de grupos, la finalización de tareas, la participación social, el logro de metas específicas y el aprovechamiento del tiempo libre.

El objetivo de esta práctica se centra en la relajación en situaciones con tensión o ansiedad. La persona involucrada recibe tratamiento para aliviar la tensión o ansiedad provocada por una situación.



En el campo de la Musicoterapia, se han desarrollado intervenciones que han tenido un impacto importante en tres campos específicos: terapia con niños, población geriátrica y población con trastornos neurológicos.

La musicoterapia en población infantil tiene como objetivos tres metas principales para el desarrollo de funciones cognitivas, sociales, motoras, comunicativas, musicales o emocionales en infantes con discapacidades:

- Educativo
- Rehabilitación
- Desarrollo

El tratamiento de los musicoterapeutas se involucra con otros tratamientos interdisciplinarios junto a grupos de profesionales en el campo de la salud. Es relevante tener información en campos como la medicina y la psicología para complementar el trabajo del musicoterapeuta.

Existen cuatro tipos de intervenciones generales categorizadas según el tipo de desarrollo y tratamiento que se ofrecen.

Funciones motoras	La intervención para funciones motoras tiene un campo de trabajo enfocado en el desarrollo de los parámetros para trabajar el movimiento motor en niños con discapacidad motora, el uso de la música como herramienta facilita la interacción entre el terapeuta y el paciente, la asociación e interacción con la música crea un tratamiento interactivo con el desarrollo de las habilidades motoras.
Habilidades comunicativas	La musicoterapia tiene un rol con muchas posibilidades en el desarrollo y rehabilitación de las habilidades verbales y no verbales de Margulis, 2019)comunicación en niños, las alteraciones del lenguaje tienen un gran campo de trabajo, como la apraxia, afasia, y alteraciones del lenguaje que

	involucran la fluidez de discurso, producción vocal y una lista larga de discapacidades involucradas con el lenguaje.
Aprendizaje cognitivo	El desarrollo de funciones ejecutivas en infantes también tiene una alternativa en el tratamiento desde la musicoterapia, la implementación de factores musicales tiene un impacto en el aprendizaje y desarrollo de funciones ejecutivas como memoria, atención, percepción y otras
Desarrollo social y emocional	El desarrollo de habilidades sociales y emocionales es un factor que los infantes con discapacidad tienen como obstáculo en su desarrollo, el uso de musicoterapia, al ser la música un medio de cohesión social desarrolla vínculos y habilidades sociales desde una perspectiva diferente.

La intervención para funciones motoras tiene un campo de trabajo enfocado en el desarrollo de los parámetros para trabajar el movimiento motor en niños con discapacidad motora. El uso de la música como herramienta facilita la interacción entre el terapeuta y el paciente; la asociación e interacción con la música crea un tratamiento interactivo con el desarrollo de las habilidades motoras.

La musicoterapia tiene un papel con muchas posibilidades en el desarrollo y rehabilitación de las habilidades verbales y no verbales de comunicación en niños. Las alteraciones del lenguaje, como la apraxia, afasia y alteraciones que involucran la fluidez del discurso, la producción vocal, y una lista extensa de discapacidades relacionadas con el lenguaje, abren un amplio campo de trabajo.

El desarrollo de funciones ejecutivas en infantes también encuentra una alternativa en el tratamiento a través de la musicoterapia. La implementación de elementos musicales tiene un impacto significativo en el aprendizaje y desarrollo de funciones ejecutivas, como la memoria, la atención, la percepción y otras.

El desarrollo de habilidades sociales y emocionales representa un obstáculo para los infantes con discapacidad en su crecimiento. El uso de la musicoterapia, al considerar la música como un medio de

cohesión social, fomenta el desarrollo de vínculos y habilidades sociales desde una perspectiva diferente.

La terapia musical ha demostrado tener éxito en la población geriátrica, y su implementación se extiende desde hospitales hasta casas de retiro para personas mayores. Esta terapia tiene un impacto significativo en el tratamiento del deterioro de habilidades cognitivas, como el lenguaje, el movimiento, la memoria y otras afecciones asociadas al envejecimiento.

Existen varios tipos de intervenciones que se llevan a cabo en la población geriátrica. El impacto observado de la interacción con la información musical ha convertido a la terapia musical en uno de los métodos más utilizados para el tratamiento en este tipo de poblaciones. Como se abordó en el capítulo de neurociencias y música, la cantidad de conexiones que se desarrollan y el impacto que la música tiene en las funciones cognitivas confieren un valor importante a la información musical, generando mejoras en la pérdida de estas funciones.

Otra población donde la terapia musical ha generado impacto es la que presenta deficiencias neurológicas. El uso de la terapia en población con trastornos neurológicos se basa en estudios neurológicos sobre el impacto que la música tiene en el ser humano. Los especialistas que trabajan con terapia musical neurológica cuentan con formación profesional que abarca conocimientos de neuroanatomía, neurocognición, patologías cerebrales y medicina. La base de estos métodos se encuentra en tratamientos clínicos estandarizados. Las técnicas utilizadas en esta población son variadas e incluyen métodos para el control motor, la cognición, el lenguaje y el comportamiento psicosocial en trastornos neurológicos como el Parkinson, Huntington, lesiones traumáticas cerebrales, esclerosis múltiple, autismo, Alzheimer, enfermedades de la médula espinal, entre otras relacionadas con el sistema neurológico.

## 8. Discusión

El objetivo principal de este trabajo fue sintetizar información relevante para crear una aproximación al estado del arte de la musicalidad desde la perspectiva de las ciencias cognitivas. Con la búsqueda y organización de la información reflejada en este trabajo, se ha esclarecido una perspectiva que involucra factores históricos, biológicos y teorías que reflejan el camino recorrido para estudiar el fenómeno de la musicalidad.

Bajo este objetivo, la presente tesis estructura un estado del arte correspondiente a las investigaciones existentes abordado desde una perspectiva multidisciplinaria, tomando como punto central las ciencias cognitivas. Se delimita la información en cinco ámbitos generales: la definición de musicalidad, el procesamiento de la información musical, el rastreo histórico de las investigaciones en cognición musical, las aplicaciones globales dentro del campo de la salud y las expresiones del comportamiento musical.

Los distintos abordajes que se han hecho a la musicalidad presentan en gran parte perspectivas con distintos objetivos, lo que resulta en una problemática para abordar un fenómeno tan complejo como lo es la musicalidad.

A pesar de estos desafíos, el estudio de la música ha sido y sigue siendo una fuente de inspiración para muchos investigadores y artistas que se esfuerzan por comprender y definir la música de manera más precisa.

Estudio interdisciplinario y transcultural:

Uno de los mayores retos en la investigación de la musicalidad es determinar que la música y las prácticas musicales deben tener un enfoque transcultural, ya que los conceptos en música varían de cultura a cultura. Esto trae como consecuencia que las preguntas que surgen con respecto a este fenómeno sean relevantes desde una perspectiva, pero desde otras no. El rastreo del conocimiento

generado alrededor de la musicalidad y la cognición musical muestra una trayectoria multidisciplinaria que ha moldeado el camino y la dirección actual de las investigaciones. El uso de esquemas en este trabajo sobre las interacciones y organización de las ciencias cognitivas en el estudio de la musicalidad modelan una organización de las disciplinas involucradas en el estudio de la musicalidad.

El estudio de la musicalidad desde una perspectiva biológica ha demostrado ser un campo importante para integrar información sin que el factor cultural resulte ser un obstáculo. Este enfoque, como se discutió en capítulos anteriores, ha evidenciado la existencia de la musicalidad en otras especies, y los investigadores han observado conductas musicales en casos específicos, lo que los ha motivado a buscar métodos y técnicas para obtener información sobre este nuevo descubrimiento. La investigación en otras especies puede ser una herramienta que permita a los investigadores acercarse a los orígenes y la evolución de las conductas musicales.

El estudio en el procesamiento de la información musical muestra, a nivel global, la interacción de distintas áreas y la formación de redes neuronales involucradas en el procesamiento de la información y la conducta musical. Se analiza cómo se distribuyen los inputs y outputs de la conducta observable y la interacción con la información musical. El estudio y los avances en el área de las neurociencias crecen exponencialmente, lo que hace que reducir todo el conocimiento generado hasta la actualidad a un solo capítulo sea una tarea sumamente complicada. Esto presenta un obstáculo para aterrizar y sintetizar el desarrollo y crecimiento del área específica. A pesar de ello, existen libros y compendios que han logrado esquematizar este conocimiento en extensos textos que detallan y estructuran la información del área de neurociencias de manera completa, haciendo énfasis en las investigaciones relevantes para el campo.

Desde otra perspectiva, el estudio en población infantil también resulta interesante para conocer los orígenes del desarrollo en las conductas musicales y la musicalidad. Estudios específicos en infantes recién nacidos han proporcionado información relevante sobre las conductas musicales que existen en los seres humanos, sin la intervención de la experiencia.

Estos dos enfoques han proporcionado nuevas perspectivas para entender a mayor profundidad la musicalidad y sus límites. Aún se encuentran en la búsqueda de los elementos y aspectos conductuales que caracterizan a la musicalidad.

Predecir el futuro de las investigaciones en musicalidad es una tarea complicada debido al avance y la popularidad que ha tenido este tema en la comunidad científica durante la actualidad. Al igual que en otros campos, la tecnología es una herramienta que permite generar conocimiento y avances en las investigaciones de una manera más rápida y fácil de lo que se lograba en siglos pasados. Mirar al pasado para analizar la trayectoria del camino que se formó es un inicio para conocer y adentrarse en este nuevo campo.

## **9 Conclusiones**

Este trabajo concluye con la intención de proveer un estado del arte sobre la investigación en musicalidad, el trabajo recopilatorio de la información presentada en este texto pretende ser una fuente de consulta para comprender el crecimiento y desarrollo de la cognición musical a un nivel general.

La presentación de esquemas y tablas en los capítulos de este trabajo trata de dar un orden y sistematización general para acercarse de manera global a las distintas ciencias cognitivas que estudian el fenómeno y cómo se han abordado desde la perspectiva de cada una.

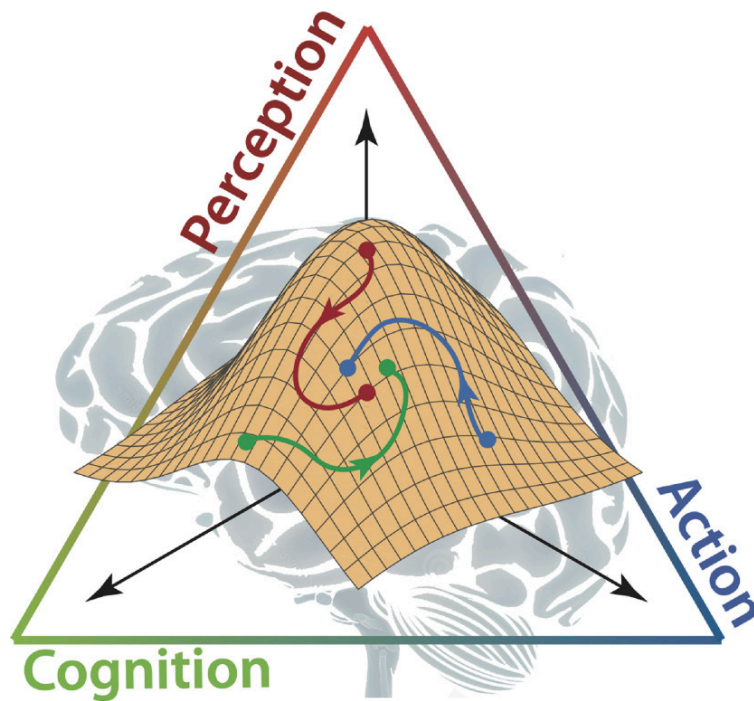
El avance actual en el campo está en constante desarrollo y se encuentra en una etapa de consolidación. Gracias al trabajo colaborativo de los investigadores, los progresos y descubrimientos han adquirido perspectivas más complejas del fenómeno, suscitando preguntas cruciales sobre el origen de la musicalidad, los métodos que podrían ser fundamentales para el estudio del fenómeno, y la importancia de observar conductas musicales en infantes y en otras especies, ya que estas pueden aportar información valiosa sobre los procesos básicos para la musicalidad.

Por último, el estudio en animales humanos con afecciones que involucran incapacidad para procesar información musical o producir conductas musicales también es una fuente de conocimiento relevante, ya que nos muestra la importancia de la música más allá de ser una actividad recreativa. Se ha descubierto que también es una herramienta importante y con impacto en la salud de ciertas enfermedades, haciendo la investigación en musicalidad relevante no solo en el campo de la conducta y la cognición, sino también en el campo de la salud.

Con la generación actual de investigadores en el campo que han desarrollado ideas y propuestas novedosas sobre el origen y las bases de la musicalidad, el camino de la investigación parece tomar un rumbo concreto y de interés para la ciencia, la tecnología y las propuestas de esta etapa son ya un parteaguas en la historia del estudio de la musicalidad.

La música no solo es una forma de expresión artística, sino que también tiene un impacto en la cognición, la emoción, la memoria, el movimiento y la identidad cultural. Por lo tanto, el estudio interdisciplinario de la musicalidad no solo permitirá una comprensión más profunda de la música en sí misma, sino que también tendrá implicaciones en áreas como la educación, la salud mental y física, y la terapia. En este sentido, es importante continuar fomentando la colaboración entre disciplinas para seguir avanzando en la comprensión de la musicalidad y sus múltiples dimensiones.

Este trabajo representa un avance hacia futuras investigaciones sobre el ritmo, uno de los aspectos fundamentales de la musicalidad, y su función dentro de comportamientos tanto básicos como complejos. Investigaciones recientes han comenzado a emplear sistemas dinámicos, como se presenta a continuación:



<sup>11</sup> Figura 9.1: Sistema dinámico del cerebro y comportamiento en el contexto de la acción, percepción y cognición (Balasubramaniam, R. y cols., 2021).

Este modelo de sistema dinámico representa los desafíos futuros para la teoría que propone la existencia de un mecanismo de reloj centralizado, al agregar la importancia del procesamiento temporal en la percepción y la acción sensoriomotora. Esto implica la interacción de procesos perceptuales, motores y cognitivos, otorgando un papel crucial a la coordinación de estos procesos.

En mi formación en artes y psicología, he tomado conciencia de la importancia de estos ámbitos y de su interacción. La aparición de nuevas líneas de investigación que buscan explicar estas convergencias entre procesos cognitivos, perceptuales y motores me ha motivado a explorar la relevancia de las investigaciones que surgen de la interdisciplinariedad entre arte y ciencia. Esto me brinda la esperanza de comprender de manera más compleja, en el futuro, el funcionamiento de sistemas complejos dentro de la cognición, como es el caso de las prácticas musicales.

---

<sup>11</sup> Sistema dinámico del cerebro y comportamiento en el contexto de la acción, percepción y cognición tomado de (Balasubramaniam, R. y cols., 2021).



## Referencias

- Allman, M. J., Teki, S., Griffiths, T. D., y Meck, W. H. (2014). Properties of the internal clock: First- and second-order principles of subjective time. *Annual Review of Psychology* 65, 743–771.
- Amunts, K., Morosan, P., Hilbig, H. y Zilles, K. (2012) “Auditory system”. Elsevier INC., Sydney, pp. 1270-1300.
- Andoh, J., y Zatorre, R. J. (2011). Interhemispheric connectivity influences the degree of modulation of TMS-induced effects during auditory processing. *Frontiers in Psychology* 2, 161.
- Ashe, J., y Bushara, K. (2014). The olivo-cerebellar system as a neural clock. In H. Merchant & V. de Lafuente (Eds.), *Neurobiology of interval timing: Advances in experimental medicine and biology* (pp. 155–166). New York: Springer.
- Balasubramaniam, R., Haegens, S., Jazayeri, M., Merchant, H., Sternad, D., & Song, J. H. (2021). Neural Encoding and Representation of Time for Sensorimotor Control and Learning. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 41(5), 866–872. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1652-20.2020>
- Baumann, S., Griffiths, T. D., Sun, L., Petkov, C. I., Thiele, A., y Rees, A. (2011). Orthogonal representation of sound dimensions in the primate midbrain. *Nature Neuroscience* 14(4), 423–425.
- Bajo, V. M., Nodal, F. R., Moore, D. R., y King, A. J. (2010). The descending corticocollicular pathway mediates learning-induced auditory plasticity. *Nature Neuroscience* 13(2), 253–260.
- Beauchamp, M. S., Argall, B. D., Bodurka, J., Duyn, J. H., y Martin, A. (2004). Unraveling multisensory integration: Patchy organization within human STS multisensory cortex. *Nature Neuroscience* 7(11), 1190–1192.
- Beauchamp, M. S., Nath, A. R., y Pasalar, S. (2010). fMRI-guided transcranial magnetic stimulation reveals that the superior temporal sulcus is a cortical locus of the McGurk effect. *Journal of Neuroscience* 30(7), 2414–2417.
- Beauchamp, M. S., Yasar, N. E., Frye, R. E., y Ro, T. (2008). Touch, sound and vision in human superior temporal sulcus. *NeuroImage* 41(3), 1011–1020.
- Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., Ahad, P., y Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature* 403(6767), 309–312.

- Belin, P., y Zatorre, R. J. (2000). “What,” “where” and “how” in auditory cortex. *Nature Neuroscience* 3(10), 965–966.
- Besson, M., y Faïta, F. (1995). An Event-Related Potential (ERP) Study of Musical Expectancy: Comparison of Musicians With Nonmusicians. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(6), 1278–1296.
- Bharucha, J., y Stoeckig, K. (1987). Priming of chords: Spreading activation or overlapping frequency spectra? *Perception & Psychophysics*.
- Bizley, J. K., & Cohen, Y. E. (2013). The what, where and how of auditory-object perception. *Nature Reviews Neuroscience* 14(10), 693–707.
- Bouwer, F. L., Honing, H., y Slagter, H. A. (2019). Beat-based and memory-based temporal expectations in rhythm: Similar perceptual effects, different underlying mechanisms. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(7), 1221–1241.
- Brown, S., y Martinez, M. J. (2007). Activation of premotor vocal areas during musical discrimination. *Brain and Cognition* 63(1), 59–69.
- Brown, S., Martinez, M. J., y Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral Cortex* 16(8), 1157–1167.
- Buhusi, C. V., y Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience* 6(10), 755–765.
- Carr, C. E. (2003). The Lateral Superior Olive: A Functional Role in Sound Source Localization. *The Neuroscientist*, 9(2), 127-143.
- Sánchez, I. (2013). *La melodía interrumpida: Análisis histórico-genealógico de los fundamentos mediacionales en Psicología de la música (1854-1938)*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).

- Cha, K., Zatorre, R. J., y Schönwiesner, M. (2016). Frequency selectivity of voxel-by-voxel functional connectivity in human auditory cortex. *Cerebral Cortex* 26(1), 211–224.
- Chapin, H. L., Zanto, T., Jantzen, K. J., Kelso, S. J. A. A., Steinberg, F., y Large, E. W. (2010). Neural responses to complex auditory rhythms: The role of attending. *Frontiers in Psychology* 1, 547–558.
- Chauvigné, L. A. S., Gitau, K. M., y Brown, S. (2014). The neural basis of audiomotor entrainment: An ALE meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience* 8, 776.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., y Zatorre, R. J. (2008a). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex* 18(12), 2844–2854.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., y Zatorre, R. J. (2008b). Moving on time: Brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. *Journal of Cognitive Neuroscience* 20(2), 226–239.
- Chen, J. L., Zatorre, R. J., y Penhune, V. B. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *NeuroImage* 32(4), 1771–1781.
- Cuddy, L. L., y Lunney, C. A. (1995). Expectancies generated by melodic intervals: Perceptual judgments of melodic continuity. *Perception & Psychophysics*, 57 (4), 451–462.
- Cumming, N. (1992). Eugene Narmour's Theory of Melody. *Music Analysis*, 11, 354–374.
- Cunnington, R., Bradshaw, J. L., y Iansek, R. (1996). The role of the supplementary motor area in the control of voluntary movement. *Human Movement Science* 15(5), 627–647.

- Da Costa, S., van der Zwaag, W., Marques, J. P., Frackowiak, R. S. J., Clarke, S., y Saenz, M. (2011). Human primary auditory cortex follows the shape of Heschl's gyrus. *Journal of Neuroscience* 31(40), 14067–14075.
- Del Olmo, M. F., Cheeran, B., Koch, G., y Rothwell, J. C. (2007). Role of the cerebellum in externally paced rhythmic finger movements. *Journal of Neurophysiology* 98(1), 145–152.
- Desain, P., y Honing, H. (1989). The Quantization of Musical Time: A Connectionist Approach. *Honing Source: Computer Music Journal* , 13 (3), 56–66.
- Deutsch, D., Bharucha, J. J., Burns, E. M., Carterette, E. C., Gabrielsson, A., Kendall, R. A. y Narmour, E. (1998). *The Psychology of Music*.
- Diedrichsen, J., Criscimagna-Hemminger, S. E., y Shadmehr, R. (2007). Dissociating timing and coordination as functions of the cerebellum. *Journal of Neuroscience* 27(23), 6291–6301.
- Du, Y., y Zatorre, R. J. (2017). Musical training sharpens and bonds ears and tongue to hear speech better. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 5.
- Farrugia, N., Jakubowski, K., Cusack, R., y Stewart, L. (2015). Tunes stuck in your brain: The frequency and affective evaluation of involuntary musical imagery correlate with cortical structure. *Consciousness and Cognition* 35, 66–77.
- Fordethompson, W., Cuddy, L. L., y Plaus, C. (1997). Expectancies generated by melodic intervals: Evaluation of principles of melodic implication in a melody-completion task. *Perception & Psychophysics*, 59 (7), 1069–1076.
- Froud, K. E., Wong, A. C. Y., Cederholm, J. M. E., Klugmann, M., Sandow, S. L., Julien, J. P., Ryan, A. F., y Housley, G. D. (2015). Type II spiral ganglion afferent neurons drive medial olivocochlear reflex suppression of the cochlear amplifier. *Nature Communications*, 6, 7115.

- Frühholz, S., Trost, W., y Kotz, S. A. (2016). The sound of emotions: Towards a unifying neural network perspective of affective sound processing. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 68, 96–110.
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Large, E. W., y Ross, B. (2012). Internalized Timing of isochronous sounds is represented in neuromagnetic beta oscillations. *Journal of Neuroscience* 32(5), 1791–1802.
- Gaab, N., Gaser, C., Zaehle, T., Jancke, L., y Schlaug, G. (2003). Functional anatomy of pitch memory: An fMRI study with sparse temporal sampling. *NeuroImage* 19(4), 1417–1426.
- Gao, J. H., Parsons, L. M., Bower, J. M., Xiong, J., Li, J., & Fox, P. T. (1996). Cerebellum implicated in sensory acquisition and discrimination rather than motor control. *Science* 272(5261), 545–547.
- Gembris, H. (1997). Historical phases in the definition of musicality. *Psychomusicology*, 16, 17–25.
- Giovannelli, F., Banfi, C., Borgheresi, A., Fiori, E., Innocenti, I., Rossi, S., ... Cincotta, M., (2013). The effect of music on corticospinal excitability is related to the perceived emotion: A transcranial magnetic stimulation study. *Cortex* 49(3), 702–710.
- Grahn, J. A., y Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience* 19(5), 893–906.
- Grahn, J. A., y Rowe, J. B. (2013). Finding and feeling the musical beat: Striatal dissociations between detection and prediction of regularity. *Cerebral Cortex* 23(4), 913–921.
- Grahn, J. A., y Rowe, J. B. (2012). Finding and feeling the musical beat: Striatal dissociations between detection and prediction of regularity. *Cerebral Cortex* 23(4), 913–921.
- Griffiths, T. D., y Warren, J. D. (2002). The planum temporale as a computational hub. *Trends in Neurosciences* 25(7), 348–353.

- Griffiths, T. D., y Warren, J. D. (2004). What is an auditory object? *Nature Reviews Neuroscience* 5(11), 887–892.
- Groussard, M., Viader, F., Hubert, V., Landeau, B., Abbas, A., Desgranges, B., ... Platel, H. (2010). Musical and verbal semantic memory: Two distinct neural networks? *NeuroImage* 49(3), 2764–2773.
- Grube, M., Cooper, F. E., Chinnery, P. F., y Griffiths, T. D. (2010). Dissociation of duration-based and beat-based auditory timing in cerebellar degeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(25), 11597–11601.
- Hallam, S., Cross, I., y Thaut, M. (2016). *The Oxford Handbook of Music Psychology* (2da ed., Vol. 1). New York: Oxford Library of Psychology.
- Halpern, A. R., y Zatorre, R. J. (1999). When that tune runs through your head: A PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cerebral Cortex* 9(7), 697–704.
- Halpern, A. R., Zatorre, R. J., Bouffard, M., y Johnson, J. A. (2004). Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre. *Neuropsychologia* 42(9), 1281–1292.
- Halsband, U., Ito, N., Tanji, J., y Freund, H. J. (1993). The role of premotor cortex and the supplementary motor area in the temporal control of movement in man. *Brain* 116(1), 243–266.
- Harris, R., y De Jong, B. M. (2014). Cerebral activations related to audition-driven performance imagery in professional musicians. *PLoS ONE*, 9(4), e93681.
- Hickok, G., y Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience* 8(5), 393–402.

- Hodges, D. A. (2003). Music Psychology and Music Education: What's the connection? *Research Studies in Music Education*, 21 , 31–44.
- Horn, A. K. E. (2006). The reticular formation. *Progress in Brain Research* 151, 127–155.
- Honing, H. (2018a). On the biological basis of musicality. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423 (1), 51–56.
- Honing, H. (2018b). *The origins of musicality* (1st ed.; Henkjan Honing, Ed.). MIT.
- Honing, H. (2019). *The Evolving Animal Orchestra*. Massachusetts Institute of Technology.
- Honing, H., y Ploeger, A. (2012, 10). Cognition and the Evolution of Music: Pitfalls and Prospects. *Topics in Cognitive Science*, 4 (4), 513–524. doi: 10.1111/j.1756-8765.2012.01210.x
- Hood, M. (1960). The Challenge of Bi-Musicality. *the society for ethnomusicology* , 4 , 55–59.
- Horden, P. (2016). *Music as Medicine: The History of Music Therapy Since Antiquity* (Horden Peregrine, Ed.). New York: Routledge.
- Huang, J., y Li, X. (2022). Effects and Applications of Music Therapy on Psychological Health: A Review. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 638.
- Huffman, R. F., y Henson, O. W., Jr (1990). The descending auditory pathway and acousticomotor systems: connections with the inferior colliculus. *Brain research. Brain research reviews*, 15(3), 295–323.
- Humphries, C., Liebenthal, E., y Binder, J. R. (2010). Tonotopic organization of human auditory cortex. *NeuroImage*, 50(3), 1202–1211.
- Huron, D. B. (2006). Sweet anticipation: *Music and the psychology of expectation*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Ivry, R. B., Spencer, R. M., Zelaznik, H. N., y Diedrichsen, J. (2002). The cerebellum and event timing. *Annals of the New York Academy of Sciences* 978, 302–317.
- Jahanshahi, M., Jenkins, I. H., Brown, R. G., Marsden, C. D., Passingham, R. E., y Brooks, D. J. (1995). Self-initiated versus externally triggered movements: I. An investigation using measurement of regional cerebral blood flow with PET and movement-related potentials in normal and Parkinson's disease subjects. *Brain* 118(4), 913–933.
- Janata, P. (1995). ERP Measures Assay the Degree of Expectancy Violation of Harmonic Contexts in Music. *J Cogn Neuroscience*, 7(2), 153–164.
- Janata, P. (2009). The neural architecture of music-evoked autobiographical memories. *Cerebral Cortex* 19(11), 2579–2594.
- Jäncke, L., Loose, R., Lutz, K., Specht, K., y Shah, N. (2000). Cortical activations during paced finger-tapping applying visual and auditory pacing stimuli. *Cognitive Brain Research* 10(1–2), 51–66.
- Jauset, J. A. (2009). *Música y neurociencia: la musicoterapia Sus fundamentos, efectos y aplicaciones terapéuticas* (Tercera ed.). Barcelona: UOC.
- Justel, N. y Diaz, V. (2012). Plasticidad cerebral: Participación del entrenamiento musical. *suma psicológica* 19(2), 97-108.
- Juslin, P. N., y Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences* 31(5), 559–575
- Kaiser, J., Ripper, B., Birbaumer, N., y Lutzenberger, W. (2003). Dynamics of gamma-band activity in human magnetoencephalogram during auditory pattern working memory. *NeuroImage* 20(2), 816–827.



- Kiehl, K. A., Laurens, K. R., Duty, T. L., Forster, B. B., y Liddle, P. F. (2001). Neural sources involved in auditory target detection and novelty processing: An event-related fMRI study. *Psychophysiology* 38(1), 133–142.
- Koelsch, S. (2006). Significance of Broca's area and ventral premotor cortex for music-syntactic processing. *Cortex* 42(4), 518–520.
- Koelsch, S., Schulze, K., Sammler, D., Fritz, T., Müller, K., y Gruber, O. (2009). Functional architecture of verbal and tonal working memory: An fMRI study. *Human Brain Mapping* 30(3), 859–873.
- Koelsch, S. (2011). Toward a neural basis of music perception: A review and updated model. *Frontiers in Psychology* 2, 110.
- Koelsch, S. (2013). *brain & music* (1st ed.). wiley-blackwell.
- Kornysheva, K., y Schubotz, R. I. (2011). Impairment of auditory-motor timing and compensatory reorganization after ventral premotor cortex stimulation. *PLoS ONE* 6(6), e21421.
- Kotz, S. A., Stockert, A., y Schwartze, M. (2014). Cerebellum, temporal predictability and the updating of a mental model. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369(1658), 20130403.
- Langers, D. R. M. (2014). Assessment of tonotopically organised subdivisions in human auditory cortex using volumetric and surface-based cortical alignments. *Human Brain Mapping* 35(4), 1544–1561.
- Lappe, C., Lappe, M., y Pantev, C. (2016). Differential processing of melodic, rhythmic and simple tone deviations in musicians: An MEG study. *NeuroImage* 124, 898–905.
- Lappe, C., Steinsträter, O., y Pantev, C. (2013). Rhythmic and melodic deviations in musical sequences recruit different cortical areas for mismatch detection. *Frontiers in Human Neuroscience* 7, 260.

- Large, E. W., Herrera, J. A., y Velasco, M. J. (2015). Neural networks for beat perception in musical rhythm. *Frontiers in Systems Neuroscience* 9, 159.
- Large, E. W., y Snyder, J. S. (2009). Pulse and meter as neural resonance. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1169, 46–57.
- Lee, Y. S., Janata, P., Frost, C., Hanke, M., y Granger, R. (2011). Investigation of melodic contour processing in the brain using multivariate pattern-based fMRI. *NeuroImage* 57(1), 293–300.
- Leow, L. A., y Grahn, J. A. (2014). Neural mechanisms of rhythm perception: Present findings and future directions. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 829, 325–338.
- Longuet-Higgins, H. C., y Lee, C. S. (1982). The Perception of Musical Rhythms. *Perception*, 11(2), 115-128.
- Lots, I. S., y Stone, L. (2008, 12). Perception of musical consonance and dissonance: An outcome of neural synchronization. *Journal of the Royal Society Interface*, 5 (29), 1429–1434.
- Manto, M., Bower, J. M., Conforto, A. B., Delgado-García, J. M., Da Guarda, S. N. F., Gerwig, M., ... Timmann, D. (2012). Consensus paper: Roles of the cerebellum in motor control: The diversity of ideas on cerebellar involvement in movement. *Cerebellum* 11, 457–487.
- Mayville, J. M., Jantzen, K. J., Fuchs, A., Steinberg, F. L., y Kelso, J. A. S. (2002). Cortical and subcortical networks underlying syncopated and synchronized coordination revealed using fMRI. *Human Brain Mapping* 17(4), 214–229.
- Margulis, E. H. (2019). *The Psychology of Music: A Very Short Introduction*. New York: Oxford.
- Menninghaus, W. (2013). *Música y retórica en la teoría de Darwin\** (Vol. 15; Inf. Téc.). berlin: Free Berlin University.
- Merker, B., Wallin, N. L., y Brown, S. (2000). *The Origins of Music*.

- Merchant, H., Grahn, J., Trainor, L., Rohrmeier, M., y Fitch, W.T. (2015). Finding the beat: A neural perspective across humans and non-human primates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370(1664), 20140093. doi:10.1098/rstb.2014.0093
- Michaelis, K., Wiener, M., y Thompson, J. C. (2014). Passive listening to preferred motor tempo modulates corticospinal excitability. *Frontiers in Human Neuroscience* 8, 252.
- Miller, G. A. (2003). *The cognitive revolution: A historical perspective*. Elsevier Ltd.
- Morán Martínez, M. C. (2009). Psicología y música: Inteligencia musical y desarrollo estético. *Revista Digital Universitaria*, 10 .
- Morillon, B., y Baillet, S. (2017). Motor origin of temporal predictions in auditory attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(42), E8913–E8921.
- Nayagam, B. A., Muniak, M. A., y Ryugo, D. K. (2011). The spiral ganglion: connecting the peripheral and central auditory systems. *Hearing research*, 278(1-2), 2–20.
- Norman-Haignere, S., Kanwisher, N., y McDermott, J. H. (2013). Cortical pitch regions in humans respond primarily to resolved harmonics and are located in specific tonotopic regions of anterior auditory cortex. *Journal of Neuroscience* 33(50), 19451–19469.
- O'Reilly, J. X., Mesulam, M. M., y Nobre, A. C. (2008). The cerebellum predicts the timing of perceptual events. *Journal of Neuroscience* 28(9), 2252–2260.
- Paquette, S., Fujii, S., Li, H. C., y Schlaug, G. (2017). The cerebellum's contribution to beat interval discrimination. *NeuroImage* 163, 177–182.
- Patel, A. D. (2010). Music, Biological Evolution, and the Brain. In *Emerging Disciplines: Shaping New Fields of Scholarly Inquiry in and beyond the Humanities*. *Emerging disciplines: Shaping new fields of scholarly inquiry in and beyond the humanities*.
- Patel, A. D. (2015). *Music and the Brain*. Virginia.
- Patel, A. D., y Iversen, J. R. (2014). The evolutionary neuroscience of musical beat perception: The Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis. *Frontiers in Systems Neuroscience* 8, 57.

- Patterson, R. D., Uppenkamp, S., Johnsrude, I. S., y Griffiths, T. D. (2002). The processing of temporal pitch and melody information in auditory cortex. *Neuron* 36(4), 767–776.
- Pearce, M., y Rohrmeier, M. (2012, 10). Music Cognition and the Cognitive Sciences. *Topics in Cognitive Science*, 4 (4), 468–484.
- Pecenka, N., Engel, A., y Keller, P. E. (2013). Neural correlates of auditory temporal predictions during sensorimotor synchronization. *Frontiers in Human Neuroscience* 7, 380.
- Perani, D. (2012). Functional and structural connectivity for language and music processing at birth. *Rendiconti Lincei* 23(3), 305–314.
- Peretz, I., Gosselin, N., Belin, P., Zatorre, R. J., Plailly, J., y Tillmann, B. (2009). Music lexical networks: The cortical organization of music recognition. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1169, 256–265.
- Petter, E. A., Lusk, N. A., Hesslow, G., y Meck, W. H. (2016). Interactive roles of the cerebellum and striatum in sub-second and supra-second timing: Support for an initiation, continuation, adjustment, and termination (ICAT) model of temporal processing. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 71, 739–755.
- Plakke, B., y Romanski, L. M. (2014). Auditory connections and functions of prefrontal cortex. *Frontiers in Neuroscience* 8, 199.
- Platel, H., Baron, J. C., Desgranges, B., Bernard, F., y Eustache, F. (2003). Semantic and episodic memory of music are subserved by distinct neural networks. *NeuroImage* 20(1), 244–256.
- Quintana, F., Mato, M., y Palmés, F. R. (2011). La habilidad musical: Evaluación e instrumentos de medida. *EL Guiniguada*, 20 .
- Rao, S. M., Harrington, D. L., Haaland, K. Y., Bobholz, J. A., Cox, R. W., y Binder, J. R. (1997). Distributed neural systems underlying the timing of movements. *Journal of Neuroscience* 17(14), 5528– 5535.
- Ravignani, A., Honing, H., NI, H., y Kotz, S. A. (2017). The Evolution of Rhythm Cognition: Timing in Music and Speech. *Frontiers in Human Neuroscience* [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org) , 1 , 303.

- Rauschecker, J. P., y Scott, S. K. (2009). Maps and streams in the auditory cortex: Nonhuman primates illuminate human speech processing. *Nature Neuroscience* 12(6), 718–724.
- Reyes Pérez, D. (2016). *Psicología y Música: la piel como sistema de recepción del sonido en personas con sordera*. Ciudad de México.
- Ross, B., Barat, M., y Fujioka, T. (2017). Sound-making actions lead to immediate plastic changes of neuromagnetic evoked responses and induced  $\beta$ -band oscillations during perception. *Journal of Neuroscience* 37(24), 5948–5959.
- Ross, J. M., Iversen, J. R., y Balasubramaniam, R. (2016). Motor simulation theories of musical beat perception. *Neurocase* 22(6), 558–565.
- Rossignol, S., y Jones, G. M. (1976). Audio-spinal influence in man studied by the H-reflex and its possible role on rhythmic movements synchronized to sound. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 41(1), 83–92.
- Rouse, A. A., Cook, P. F., Large, E. W., y Reichmuth, C. (2016). Beat keeping in a sea lion as coupled oscillation: Implications for comparative understanding of human rhythm. *Frontiers in Neuroscience*, 10.
- Royal, I., Vuvan, D. T., Zendel, B. R., Robitaille, N., Schönwiesner, M., y Peretz, I. (2016). Activation in the right inferior parietal lobule reflects the representation of musical structure beyond simple pitch discrimination. *PLoS ONE* 11(5).
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., y Zatorre, R. J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience* 14(2), 257–264.
- Salimpoor, V. N., Van Den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A. R., Dagher, A., y Zatorre, R. J. (2013). Interactions between the nucleus accumbens and auditory cortices predict music reward value. *Science* 340(6129), 216–219.

- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A., y McIntosh, A. R. (2015). Predictions and the brain: How musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Sciences* 19(2), 86–91.
- Santoro, R., Moerel, M., De Martino, F., Goebel, R., Ugurbil, K., Yacoub, E., y Formisano, E. (2014). Encoding of natural sounds at multiple spectral and temporal resolutions in the human auditory cortex. *PLoS Computational Biology* 10(1), e1003412.
- Seger, C. A. (2006). The basal ganglia in human learning. *Neuroscientist* 12(4), 285–290.
- Seger, C. A., Spiering, B. J., Sares, A. G., Quraini, S. I., Alpeter, C., David, J., y Thaut, M. H. (2013). Corticostriatal contributions to musical expectancy perception. *Journal of Cognitive Neuroscience* 25(7), 1062–1077.
- Sergeant, D. (1968). Experimental investigation of absolute pitch. *Journal of Research in Music Education* 17(1), 135–143.
- Stewart, L., Overath, T., Warren, J. D., Foxton, J. M., y Griffiths, T. D. (2008). fMRI evidence for a cortical hierarchy of pitch pattern processing. *PLoS ONE* 3(1), e1470.
- Schwartz, M., Keller, P. E., y Kotz, S. A. (2016). Spontaneous, synchronized, and corrective timing behavior in cerebellar lesion patients. *Behavioural Brain Research* 312, 285–293.
- Schindler, A., Herdener, M., y Bartels, A. (2013). Coding of melodic gestalt in human auditory cortex. *Cerebral Cortex* 23(12), 2987–2993.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., y Steinmetz, H. (1995). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Jstor* , 267 , 699–701.

- Schonwiesner, M., y Zatorre, R. J. (2009). Spectro-temporal modulation transfer function of single voxels in the human auditory cortex measured with high-resolution fMRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(34), 14611–14616.
- Schubotz, R. I. (2007). Prediction of external events with our motor system: Towards a new framework. *Trends in Cognitive Sciences* 11(5), 211–218.
- Schulze, K., Zysset, S., Mueller, K., Friederici, A. D., y Koelsch, S. (2011). Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in nonmusicians and musicians. *Human Brain Mapping* 32(5), 771–783.
- Shadmehr, R., Smith, M. A., y Krakauer, J. W. (2010). Error correction, sensory prediction, and adaptation in motor control. *Annual Review of Neuroscience* 33, 89–108.
- Serafine, M. L. (2015). Cognitive Processes in Music: Discoveries vs Definitions. *Council for Research in Music Education*, 73 , 1–15.
- Sharma, S. R., y Silbersweig, D. (2018). Setting the Stage: Neurobiological Effects of Music on the Brain. *crossroads of Music and Medicine.*, 6.
- Spencer, R. M. C., Ivry, R. B., y Zelaznik, H. N. (2005). Role of the cerebellum in movements: Control of timing or movement transitions? *Experimental Brain Research* 161(3), 383–396.
- Stegemann, T., Geretsegger, M., Phan Quoc, E., Riedl, H., y Smetana, M. (2019, 2). Music Therapy and Other Music-Based Interventions in Pediatric Health Care: An Overview. *Medicines*, 6 (1), 25.
- Sternberg, R. J. (2012). *Cognitive Psychology* (6ta ed.). Oklahoma.
- Stevens, C. J. (2012). Music Perception and Cognition: A Review of Recent Cross-Cultural Research. *Topics in Cognitive Science*, 4 (4), 653–667.

- Stupacher, J., Hove, M. J., Novembre, G., Schütz-Bosbach, S., y Keller, P. E. (2013). Musical groove modulates motor cortex excitability: A TMS investigation. *Brain and Cognition* 82(2), 127–136.
- Suga, N., y Ma, X. (2003). Multiparametric corticofugal modulation and plasticity in the auditory system. *Nature Reviews Neuroscience* 4(10), 783–794.
- Takeuchi, A. H., y Hulse, S. H. (1991). Absolute-Pitch Judgments of Black and White-Key Pitches. *Music Perception*, 9 (1), 27–46.
- Takeuchi, A. H., y Hulse, S. H. (1993). Absolute Pitch. *Psychological Bulletin*, 113 (2), 345–361.
- Teki, S., Grube, M., Kumar, S., y Griffiths, T. D. (2011). Distinct neural substrates of duration-based and beat-based auditory timing. *Journal of Neuroscience* 31(10), 3805–3812.
- Teki, S., Grube, M., y Griffiths, T. D. (2012). A unified model of time perception accounts for duration-based and beat-based timing mechanisms. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 5, 90.
- Tervaniemi, M., Medvedev, S. V., Alho, K., Pakhomov, S. V., Roudas, M. S., Van Zuijen, T. L., y Näätänen, R. (2000). Lateralized automatic auditory processing of phonetic versus musical information: A PET study. *Human Brain Mapping* 10(2), 74–79.
- Tesche, C. D., y Karhu, J. J. T. (2000). Anticipatory cerebellar responses during somatosensory omission in man. *Human Brain Mapping* 9(3), 119–142.
- Thaut, M. H., y Hodges, D. A. (2019). *The Oxford Handbook of Music and the Brain*. Oxford.
- Thaut, M. H., Stephan, K. M., Wunderlich, G., Schicks, W., Tellmann, L., Herzog, H., ... Hömberg, V. (2009). Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex* 45(1), 44–53.



- Thaut, M. H., Demartin, M., y Sanes, J. N. (2008). Brain networks for integrative rhythm formation. *PLoS ONE* 3(5), e2312.
- Tortosa, C. F. (2006). *Historia de la Psicología* (J. M. Cejudo, Ed.). España.
- Trainor, L. J., y Zatorre, R. J. (2015). The neurobiology of musical expectations from perception to emotion. In S. Hallam, I. Cross, y M. Thaut (Eds.), *The Oxford handbook of music psychology* (2nd ed., pp. 285–306). Oxford: Oxford University Press.
- Tramo, M. J., Shah, G. D., y Braidá, L. D. (2002). Functional role of auditory cortex in frequency processing and pitch perception. *Journal of Neurophysiology* 87(1), 122–139.
- Trimble, M., y Hesdorffer, D. (2017, 4). Music and the brain: the neuroscience of music and musical appreciation. *Neuropsychologia*, 98 , 201–211.
- Tseng, Y., Diedrichsen, J., Krakauer, J. W., Shadmehr, R., y Bastian, A. J. (2007). Sensory prediction errors drive cerebellum-dependent adaptation of reaching. *Journal of Neurophysiology* 98(1), 54–62.
- Díaz, V. y Justel, N. (2012). Plasticidad cerebral: Participación del entrenamiento musical. *Suma Psicológica*, 19 , 97–108.
- Von Eckardt, B. (2001). Multidisciplinarity and cognitive science. *Cognitive Science*, 25 , 453–470.
- Von Der Heide, R. J., Skipper, L. M., Klobusicky, E., y Olson, I. R. (2013). Dissecting the uncinate fasciculus: Disorders, controversies and a hypothesis. *Brain* 136(6), 1692–1707.
- Warren, J. D., Uppenkamp, S., Patterson, R. D., y Griffiths, T. D. (2003). Separating pitch chroma and pitch height in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(17), 10038–10042.
- Warrier, C., Wong, P., Penhune, V., Zatorre, R., Parrish, T., Abrams, D., y Kraus, N. (2009). Relating structure to function: Heschl's gyrus and acoustic processing. *Journal of Neuroscience* 29(1), 61–69.

- Witt, S. T., Laird, A. R., y Meyerand, M. E. (2008). Functional neuroimaging correlates of finger-tapping task variations: An ALE meta-analysis. *NeuroImage* 42(1), 343–356.
- Wulf Díaz, F. (2019). *Descripción de la musicalidad humana desde un enfoque interdisciplinario y sus relaciones con el desarrollo lingüístico y comunicativo temprano*. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/171025>.
- Zatorre, R. J., Halpern, A. R., Perry, D. W., Meyer, E., y Evans, A. C. (1996). Hearing in the mind's ear: A PET investigation of musical imagery and perception. *Journal of Cognitive Neuroscience* 8(1), 29–46.
- Zatorre, R. J., Belin, P., y Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in cognitive sciences*, 6(1), 37–46.
- Zatorre, R. J., Bouffard, M., y Belin, P. (2004). Sensitivity to auditory object features in human temporal neocortex. *Journal of Neuroscience* 24(14), 3637–3642.
- Zatorre, R. J., y Zarate, J. (2012). Cortical processing of music. In D. Poeppel, T. Overath, A. N. Popper, & R. R. Fay (Eds.), *The human auditory cortex: Springer handbook of auditory research* (Vol. 43, pp. 261– 294). New York: Springer.