

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Música

Posgrado en Música

Area Cognición Musical

## Memoria Procedural Musical

Adquisición de nuevas habilidades musicales



Tesis para obtener el grado  
de

**Maestro en Música**

presentada por

**AURORA IVETTE GUERRA CHÁVEZ**

Tutor

Dr. Enrique Octavio Flores Gutiérrez

**Ciudad de México 2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
Escuela Nacional de Música  
**Posgrado en Música**

Tesis para obtener el grado de

**Maestro en Música**  
en la especialidad de  
**Cognición Musical**

presentada por

**AURORA IVETTE GUERRA CHÁVEZ**

**Memoria Procedural Musical**  
Adquisición de nuevas habilidades musicales

Tutor  
Dr. Enrique Octavio Flores Gutiérrez

**Ciudad de México 2009**

## **Agradecimientos**

*A mis padres*

por haberme dado el don de la vida y las enseñanzas para afrontarla.

*A Federico*

mi esposo, compañero y ángel de la guarda.

*A mis hermanos*

Lilian, Elizabeth y Alfonso Fernando,  
por su cariño y ayuda incondicional.

*A mi Director de tesis y Sinodales*

Dr. Enrique Octavio Flores Gutiérrez (Director de tesis)

Dr. Eduardo Castro Sierra,

Dr. José Luis Díaz Gómez

Mtra. Ma. Concepción Morán Martínez

Mtra. Martha Gómez Gama

por sus detalladas revisiones y comentarios.

*A mis exalumnos del Conservatorio Nacional de Música,*

por su esfuerzo y dedicación en la participación de este estudio.

*A todos mis maestros*

que han contribuido en mi formación profesional.

## Sumario

### Resumen de la tesis

p. <i>i</i>	<i>Español</i>
<i>ii</i>	<i>English</i>

### *iii* **Introducción**

## **1 Preliminares**

### *Capítulo primero*

### **Desarrollo de habilidades musicales: formación y aprendizaje**

5	1.1. Formación musical: una compleja tarea
8	1.2. Generalidades del sistema nervioso central
9	1.3. Procesos de atención y aprendizaje

*Capítulo segundo*

**Morfología de la memoria**

- 11 2.1. Generalidades y perspectiva histórica
- 19 2.2. Clasificación de la memoria
  - 19 2.2.1. *Por su temporalidad*
  - 25 2.2.2. *Por el tipo de prueba de medición*
- 28 2.3. Localización de la memoria y recuperación de información
- 30 2.4. Memoria de habilidades o procedural

*Capítulo tercero*

**Memoria musical**

- 37 3.1. Plasticidad cerebral
- 40 3.2. Investigaciones relacionadas con actividad musical
- 44 3.3. Consolidación de la memoria procedural musical

*Capítulo cuarto*

**Diseño de investigación, material y método**

- 49 4.1. Justificación
- 51 4.2. Planteamiento de la investigación
  - 51 4.2.1. *Objetivos generales*
  - 52 4.2.2. *Objetivos específicos*
  - 53 4.2.3. *Hipótesis*
  - 53 4.2.4. *Preguntas de la investigación y delimitación del campo de estudio*
- 54 4.3. Utilidad metodológica
  - 54 4.3.1. *Premisa*
  - 56 4.3.2. *Utilidad específica*
- 57 4.4. Diseño de la investigación
  - 57 4.4.1. *Viabilidad de la investigación*
  - 57 4.4.2. *Variables y fases de la investigación*
- 58 4.5. Muestra, material y método
  - 58 4.5.1. *Muestra*
  - 60 4.5.2. *Material y método de observación/medición*
  - 62 4.5.3. *Instrumentos de medición*
  - 63 4.5.4. *Procedimiento de la investigación*

Capítulo quinto

**Resultados, discusión y conclusiones**

71	5.1. Resultados
71	5.1.1. <i>Análisis de datos</i>
76	5.1.2. <i>Pruebas estadísticas</i>
77	5.2. Discusión de los resultados
77	5.2.1. <i>Horizontes del trabajo</i>
79	5.2.2. <i>Ulteriores reflexiones</i>
82	5.3. Conclusiones

**Apéndices**

Apéndice 1

Música y educación: un breve recorrido por la historia

87	1. <i>Qué entender por música</i>
88	2. <i>Grecia y el Imperio romano</i>
91	3. <i>El mundo medieval, el Renacimiento y la Nueva España</i>
94	4. <i>Florilegio Musical: el Barroco</i>
96	5. <i>Herederos de la Revolución francesa y la Revolución industrial</i>
100	6. <i>El siglo XX: descubrimientos y transformaciones</i>

Apéndice 2

Anatomía, fisiología y funciones del sistema nervioso

109	1. <i>Perspectiva histórico-evolutiva del sistema nervioso</i>
113	2. <i>Orígenes del sistema nervioso</i>
115	3. <i>Organización del sistema nervioso</i>
118	4. <i>Tejido nervioso</i>
131	5. <i>Organización de el Encéfalo</i>
135	6. <i>Desarrollo neural</i>

Apéndice 3

Atención y aprendizaje

139	1. <i>Receptores sensoriales y percepción</i>
141	2. <i>Atención</i>
144	3. <i>Aprendizaje: aspectos generales</i>
150	4. <i>Aprendizajes no asociativos: habituación, sensibilización e impronta</i>
152	5. <i>Aprendizaje conductual</i>
153	5.1. <i>Condicionamiento clásico</i>
154	5.2. <i>Condicionamiento operante o instrumental</i>
156	6. <i>Antecedentes y bases del Cognitivismo</i>

163	Apéndice 4 Explicación y desarrollo de los cálculos estadísticos
-----	---

### **Anexos**

181	Cuestionario de antecedentes médicos
191	Tablas de datos
192	<i>Tab.1: Valores fisiológicos grupo control</i>
194	<i>Tab.2: Valores fisiológicos grupo experimental</i>
196	<i>Tab.3: Experimento grupo control</i>
197	<i>Tab.4: Experimento grupo experimental</i>
198	Carta de consentimiento
199	<b>Índice de figuras y tablas</b>
205	<b>Referencias bibliográficas</b>

## Resumen de la tesis

### *Español*

El estudio de la memoria *procedural* musical es, hasta ahora, un campo bastante inexplorado. Los estudios disponibles parecen limitarse a la audición musical y a procesos de consolidación, relacionados sobre todo con la práctica y los efectos que el sueño ejerce en la memoria. La memoria procedural musical es un tipo específico de memoria, que permite también la adquisición de habilidades necesarias para tocar un instrumento. Este trabajo tuvo por objeto mostrar y analizar el curso que una nueva tarea musical – realizada en la pedalera de un órgano – sigue en el aprendizaje procedural musical, desde una perspectiva cognitiva y pedagógica: un cuadro inicial de una ulterior línea de investigación para el mejoramiento y desarrollo de la enseñanza profesional musical.

Se contó con la participación de 24 sujetos de ambos sexos, con una edad promedio de 20 años, divididos en grupo experimental y control. Adicionalmente se aplicó un ejercicio físico moderado al grupo experimental, para analizar los efectos que éste ejercía. Utilizándose registros en video, medición de valores fisiológicos y – para el análisis de datos – pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, se verificó el curso normal de la curva de aprendizaje. No se reportaron diferencias significativas entre ambos grupos y sexos, concluyéndose que la adquisición de nuevas habilidades musicales es un proceso (paso de la memoria declarativa a la de habilidades) que muestra una sensible mejoría en el desempeño, aún con un corto tiempo de práctica (10 minutos por 4 días consecutivos), sin ser influenciado positivamente por el ejercicio físico preparatorio de tipo aeróbico.

## **Abstract**

### *English*

*Procedural* musical memory is, so far, a rather unexplored field of studies. Available surveys seem to be limited to musical listening, and to consolidation processes related to practice and the effects of sleep. Procedural musical memory is a specific type of memory which also accounts for the acquisition of the ability needed to play an instrument. My research was aimed at describing and analyzing the course followed by a new musical task – carried out on the organ pedal-board – in procedural musical learning, from a cognitive and pedagogic viewpoint, as a starting point for further research aimed at improving and developing professional musical teaching.

The survey group of 24 men and women, aged 20 on average, was divided into experimental and control groups. The experimental group also carried out moderate physical exercise, so as to analyze its effects. The normal learning curve was documented by video recordings, the appraisal of physiological values, and both parametric and non-parametric statistical tests for data analysis. No significant group- or sex-based differences were reported, thus leading to the conclusion that the process of acquiring new musical abilities (from declarative to skill memory) substantially improves performance even with a practice schedule of 10 minutes for 4 consecutive days; furthermore, it was not positively influenced by preparatory aerobic physical exercise.

## Introducción

El estudio de un instrumento musical requiere de muchas horas de estudio y dedicación por parte del educando e implica también adentrarse en un mundo con lenguajes diversos a los que se utilizan comúnmente. El enseñar a desarrollar las habilidades necesarias para tocar un instrumento es una ardua tarea de los profesores, que en su mayoría, lo hacen con un gran amor, apasionados por la música que paso a paso se fragua ante sus oídos. Pero ¿cómo transmitir esa gama tan vasta de conocimientos que implica enseñar a tocar un instrumento musical? Tanto culturas de la antigüedad como aquellas que apenas nos han antecedido en el tiempo, nos han dejado un valioso legado de conocimientos en todas las áreas del saber humano relacionadas con la música: los mitos de los cuales se originó, el valor de la música en la formación de los seres humanos, la relación de ella con otras ciencias y saberes, y por supuesto su deleite. Diversos entonces, han sido los caminos que la humanidad ha seguido a lo largo de la historia y variados los enfoques con los que se ha mirado a la música y a las artes.

Por lo anterior, en el presente trabajo vendrá ilustrada una revisión histórica sucinta de la educación musical, de sus objetivos, de sus valores culturales, y de sus significados antropológicos. Esta parte servirá para mostrar cómo en el curso de la historia, el saber musical ha sido transmitido de maneras diversas: para educar en los valores de la convivencia social, para referirse a conceptos filosófico-religiosos, para formar una clase de artistas al servicio del mecenazgo, para alimentar un mercado musical *reproduccionista*, consecuencia de un creciente consumo público y, finalmente, para afrontar los desafíos de la pedagogía moderna en estrecha colaboración interdisciplinaria.

Consecuencia de esta amplia visión, no limitada a la relación pasiva obra-ejecutante, es que nace el interés de algunas disciplinas científicas, de extender sus brazos contribuyendo a la educación y a las diversas formas de praxis musicales.

Las neurociencias, activas participantes en este intento, han producido desde principios del siglo XX, una notable cantidad de investigaciones que aplican sus conquistas a la cognición musical. En este contexto y a través de más de 10 años como docente de estudios superiores de música, es que nació mi interés, dirigido a resolver algunos problemas inherentes a la memoria procedural musical.

A lo largo de los primeros tres capítulos, he tratado de ofrecer al lector un resumen, que viene ampliado en los apéndices a manera de suma, sobre temas de pedagogía, neurociencias y psicología. Pensando, en que esta tesis podría ser de interés, no solo a nivel académico, sino de interés general, sobre todo para músicos, fue que adjunté los cuatro apéndices que se encuentran en la parte final de la tesis y que naturalmente pueden ser completamente ignorados si se considera pertinente. La parte experimental de mi trabajo, expuesta en el último capítulo, mira a recoger toda esta información y a utilizarla para contribuir con un tema de investigación que, naturalmente, andaría ampliado en un ulterior estudio. Se trata pues, de un análisis primario en el aprendizaje de nuevas habilidades motoras musicales o bien, de memoria procedural musical, que se desarrolla en el cuarto y quinto capítulos.

No me resta más que decir, que espero que este trabajo despierte el interés de estudiantes, y docentes de carreras musicales y de cualquier interesado en la cognición musical, por ampliar nuestra visión de lo que la ciencia día con día descubre, acerca de nosotros mismos y de los beneficios que podemos obtener de ella para la construcción de una sociedad mejor.

## **Preliminares**

En general, las investigaciones que a cognición musical se refieren, han seguido dos vertientes: el análisis del fenómeno de audición o escucha musical y la adquisición de repertorio musical a través de partituras. Sin embargo, el campo de la ejecución plantea muchos otros tipos de problemas no solo relacionados con las líneas de investigación antes mencionadas. Uno de ellos, es la adquisición de habilidades motoras musicales, que se relaciona con la memoria procedural, componente central de la praxis ejecutiva. Esta última, es un complejo proceso de adquisición de conocimientos de tipo declarativo e implícito. Interesada por entender y analizar más profundamente este proceso, fue que nació este trabajo de tesis de tipo interdisciplinar.

Esta investigación tiene por objeto observar y analizar el comportamiento de una población de estudiantes de carreras musicales, durante una simple fase de aprendizaje motor musical. A partir de la evidencia empírica, este trabajo propone mostrar la curva de aprendizaje resultante de la adquisición de una nueva habilidad motora musical. La población a estudio, con una edad promedio de 20 años, fue dividida en un grupo de control, integrado por 11 sujetos y un grupo experimental, por 13. Este último, fue sometido a una serie de ejercicios aeróbicos moderados, con el objeto de investigar si este tipo de ejercicio, ejercía algún efecto en el aprendizaje de nuevas habilidades (memoria procedural). También se buscaba saber, si el comportamiento entre los sujetos de sexo femenino y masculino presentaba diferencias o semejanzas en relación con la adquisición de nuevas habilidades motoras musicales.

La hipótesis general que se propone es la siguiente: el aprendizaje de una nueva habilidad motora musical se verifica como directamente proporcional a las repeticiones de la tarea que se quiere aprender. En relación a los objetivos específicos, se proponen también las siguientes hipótesis particulares: 1) la curva de aprendizaje puede evidenciar desniveles significativos en cuanto a la calidad de las ejecuciones entre sexos; 2) un ejercicio físico

moderado, realizado inmediatamente anterior a la práctica ejecutiva, puede reportar alguna incidencia sobre la curva de aprendizaje.

Esta investigación se considera longitudinal, por utilizar observaciones realizadas con el pasar de las sesiones de prueba (tiempo), y correlacional explicativo, dadas las comparaciones de similitud y diferencia entre los grupos. Para el diseño de la investigación se consideraron algunos tipos de variables dependientes e independientes, enumeradas en el capítulo cuatro. Para el análisis de datos se utilizó la prueba estadística paramétrica t de Student y la prueba no paramétrica U- Mann-Whitney, por ajustarse al tipo de estudio y tamaños de las muestras.

Previo al experimento se realizó una prueba piloto, como fase exploratoria, realizada con 6 voluntarios, siguiendo los mismos criterios de inclusión que fueron utilizados en el experimento. El experimento consistió en la ejecución de un fragmento de una obra musical organística, – modificado ex profeso para la prueba – en la pedalera de un órgano, compuesto por 83 notas. Este fragmento debía ser ejecutado 4 veces consecutivas, en cada sesión que duraba 10 minutos, por cuatro sesiones, a una velocidad determinada metronómicamente (ver capítulo cuarto). Se realizó una grabación digital en video de cada participante, con el objeto de computar el número de errores cometidos en cada una de las sesiones. Adicionalmente se realizó un registro de valores fisiológicos de pulso y presión sanguínea a través de un baumanómetro, tanto para el grupo de control como para el experimental. En el caso del grupo experimental, este fue realizado dos veces por sesión: el primero antes de comenzar el ejercicio físico moderado, y el segundo una vez que se había concluido con la serie de ejercicios que debían ser realizados en 7 minutos. A través de esta medición fue posible determinar que efectivamente cada sujeto pasó de un estado de reposo a uno de activación o alerta, en el que se presupone una mayor oxigenación en la sangre.

Como medida exploratoria, antes de comenzar las pruebas, se aplicó a los participantes un cuestionario para que informaran acerca de su estado de salud, con el objeto de detectar factores de riesgo.

El experimento se llevó a cabo en el Conservatorio Nacional de Música de la Ciudad de México con una población estudiantil de alumnos de la misma institución que se

encontraban estudiando a partir del 2 año de la carrera. Para la realización de las pruebas se siguieron ciertos criterios de inclusión, descritos también en el cuarto capítulo. Una de las limitaciones que se relacionó con la significancia de los resultados fue que desgraciadamente por falta de medios económicos, no fue posible contar ni con un mayor número de sujetos de investigación ni con un mayor número de sesiones, que seguramente habrían contribuido positivamente con el estudio. Se espera encontrar entonces datos relacionados con: 1) el comportamiento de la curva de aprendizaje en la realización de una tarea motora musical; 2) diferencias o similitudes en el comportamiento entre géneros en la realización de la tarea ya descrita; 3) diferencias en el comportamiento entre los grupos debida a la influencia del ejercicio físico.

## 1.

### **Desarrollo de habilidades musicales: formación, aprendizaje y memoria**

#### *1.1. Formación musical: una compleja tarea*

La pregunta que se encuentra al centro de este trabajo, representa solo una de muchas, que nacen cuando nos preguntamos acerca de las relaciones entre memoria y ejecución musical. Dado que el problema que presento, es esencialmente de tipo pedagógico (adquisición de nuevas habilidades musicales), es necesario aclarar los diversos significados de la educación musical. Por otra parte, enseñar música hoy, no puede quedar ajeno a los descubrimientos científicos acerca del conocimiento, sobre todo a aquellos relacionados con el aprendizaje de habilidades musicales, o memoria procedural musical. A pesar de que la ejecución instrumental musical y la memoria se encuentran estrechamente ligadas, es poco aún lo que se sabe al respecto; siendo por ello que el interés de esta tesis se centra en el análisis de un fenómeno particular: el aprendizaje de nuevas habilidades musicales en estudiantes de música.

El término “música” es amplio y a menudo se utiliza en un contexto estrecho que desvirtúa su sentido<sup>1</sup>, pues pareciera que la única música existente es la que forma parte de la cultura Occidental, dejando de lado todos los tipos de música de etnias americanas, africanas, y culturas lejanas a la nuestra como la Oriental. Jugando diversos roles, la formación musical ha jugado roles diferentes: desde formar parte de la educación y formación moral del individuo sirviendo de forjadora del temple de la figura ideal del ciudadano – como puede observarse en la educación de la Grecia antigua – pasando por una transformación durante el Medioevo – en donde la teoría musical era considerada más como una categoría filosófico-teológica y no como objeto de una formación práctica<sup>2</sup> – hasta llegar al Renacimiento, en donde se reconcilian la teoría con la práctica y se comienza a construir la figura del músico moderno, no solo como teórico, sino como productor de música (ejecutante y compositor, en el sentido más amplio) o bien dicho de otra manera la profesionalización de la música que llega hasta nuestros días. El primer texto, del que tenemos noticia, que cambia con la visión de la música como disciplina teórica, es un tratado en forma de diálogo, perteneciente al s. X<sup>3</sup> (ver apéndice 1). Es posible afirmar que en los inicios de la segunda mitad del s. XV, se comienza a fraguar la reconciliación de la teoría con la praxis musical<sup>4</sup>. No menos importante fue también el papel que la música desempeñó en la evangelización, educación y construcción de la Nueva España y de todos los pueblos conquistados de América<sup>5</sup>.

Durante el periodo Barroco, los métodos, que son diversos de los “tratados” teóricos, se presentaron bajo tres aspectos: el primer tipo, concerniente a la didáctica de nociones básicas de la teoría musical y la enseñanza de algunos instrumentos musicales y del canto; el segundo, se trata de una serie de nociones para complementar la música a través de ornamentaciones, como fueron los llamados tratados de *diminuzioni* o *passaggi* tanto para

---

<sup>1</sup> C. DALHAUS – H.H. EGGBRECHT, *Was ist Musik?*, Heinrichshofen, Wilhelmshafen 1985.

<sup>2</sup> Cfr. G. RICO, *La formazione musicale nell'ambito del Quadrivium*, en J.-J. Nattiez (compilación de), *Enciclopedia della musica*, Einaudi, Torino 2002, vol. IV, 118.

<sup>3</sup> E. FUBINI, *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Einaudi, Torino 1976, 83.

<sup>4</sup> A. HAUSER, *Sozialgeschichte der Kunst und Literatur*, C.H. Beck, Manchen, 1951, 34.

<sup>5</sup> F.L.L. HARRISON, *The Musical Impact of Exploration and Cultural Encounter*, en M.L. Mark (compilación de), *Music education, Source Readings from Ancient Greece to Today*, Routledge, New York 2008, 33.

## CAPÍTULO PRIMERO

la música vocal como para la instrumental; y el tercero, como antologías de composiciones precedidas de un prólogo que trataba de poner en evidencia el valor didáctico de ellas mismas.

El mecenazgo, que durante mucho tiempo fomentó la producción artística y musical, durante el s. XIX, a causa de algunos eventos históricos importantes, como la Revolución Francesa y la Revolución Industrial, sufrió una profunda transformación: los nuevos empresarios cada vez arriesgaron menos capitales para las nuevas producciones, recurriendo a obras del pasado que garantizaban el éxito, dejando así de fomentar la creación<sup>6</sup>. Lo anterior y la preponderancia de la lírica sobre la música instrumental, cambiaron las reglas de la profesionalización musical: los compositores se dedicaron a las obras de “repertorio” y a la enseñanza de las clases más acomodadas para asegurar su sustento. Es por esto que a partir de esa época, los métodos, se especializaron en desarrollar competencias y habilidades prácticas musicales, teniendo un gran auge.

Los acontecimientos de trascendencia mundial que se dieron lugar en la primera mitad del s. XX, dieron origen a nuevas perspectivas acerca de la educación: la Educación Nueva, que tuvo diversos representantes tanto en Estados Unidos de América como en Europa, despertó el interés de muchos educadores musicales. Émile Jaques-Dalcroze (1865-1950), por ejemplo, desarrolló un método a partir de su preocupación por enseñar la rítmica musical, proponiendo la idea de que la música se debe experimentar física, mental y espiritualmente. Muchos otros educadores le siguieron en el camino: Zoltán Kodály, Carl Orff, Maurice Martenot, Justine Bayard Ward, Edgar Willems, Shiniki Suzuki, hasta el ya desaparecido Lennart Winnberg, entre otros.

Una distinción que debo puntualizar, por su importancia y relevancia para este trabajo, es que de entre las propuestas pedagógico-musicales que se revisaron, sobre todo las más representativas, tanto de finales del s. XIX, como del s. XX, es que no todas estuvieron dirigidas para la formación de un tipo poblacional único: algunas se encargarán de la formación de individuos que se dedicarán profesionalmente a la producción de música

---

<sup>6</sup> W. CRUTCHFIELD, *Function, Conviction, and Performance Style*, en N. Kenyon (compilación de), *Authenticity and Early Music*, Oxford University Press Oxford-New York 2002, (primera edición, 1988), 19-26.

(ejecutantes musicales de profesión) y otras, a aquellos en los que la educación musical solo formará parte del *capital cultural*<sup>7</sup> (en donde la música será un elemento más de la formación moral y/o de la imagen social del individuo). El método Jaques-Dalcroze, por ejemplo, se enfoca al primer grupo, mientras que el Willems, propone la educación musical como parte del bagaje cultural de todo ser humano, con lo que se enfoca en el segundo grupo. En ambos casos, es relevante apuntar que la memoria juega un papel fundamental; sin embargo, la memoria procedural musical de una manera específica, vendrá mayormente utilizada por nuestro primer grupo, es decir para aquellos que se dedicarán a interpretar música en un instrumento o con la propia voz, ya sea a la ejecución realizada a través de la asimilación de una partitura (*rehearsed music*) o a aquella improvisada. Resumiendo entonces, las habilidades musicales que se adquieren a través de muchas horas de práctica (fundamento de la formación del músico ejecutante profesional) forman parte de este tipo específico de memoria: la memoria procedural musical, razón de ser de este trabajo de investigación.

## 1.2. Generalidades del sistema nervioso central

La praxis musical, como todas las otras actividades humanas, no queda exenta a las implicaciones de la biología celular de nuestro cerebro. El sistema nervioso central es el responsable de regular no solo las funciones biológicas que sustentan nuestra vida, sino también es el constructor de las funciones mentales superiores<sup>8</sup>.

Utilizando un complejo sistema de comunicación celular electro-químico, nuestro cerebro es capaz de interactuar con el mundo que nos rodea y en la construcción del propio yo. Nuestro sistema nervioso, está compuesto por tejido nervioso, y se encuentra formado básicamente por neuronas y neuroglia. Las neuronas son células especializadas en la recepción, conducción y transmisión de señales electroquímicas<sup>9</sup> y poseen la propiedad de

---

<sup>7</sup> El *capital cultural* es, según Pierre Bourdieu, el saber transmitido a través de todos los agentes de formación (escuela, familia, iglesia, amigos, etc.) que es distinto del *capital escolar* que se refiere, en cambio, sólo al título de estudio otorgado por una institución académica. Cfr. P., BOURDIEU, *La distinction: critique social du jugement*, Les éditions de Minuit, Paris 1979.

<sup>8</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson-Prentice Hall, Madrid-New York 1995, 6.

<sup>9</sup> J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson Educación, Madrid 2007, 60.

la excitabilidad eléctrica. Las neuronas constan de varias partes, cada una implicada en una función específica<sup>10</sup>. Entre cada neurona existe un espacio llamado *sinapsis*, lugar donde ocurre la transmisión química de señales por medio de los *neurotransmisores*. La comunicación del tejido neuronal se produce a través de descargas eléctricas y químicas: eléctricas, cuando ocurre el *potencial de acción* y química, cuando los *neurotransmisores* son liberados por los *botones sinápticos* y recibidos por los receptores post-sinápticos<sup>11</sup>.

El cerebro es un centro complejo, formado por diversas estructuras, cada una con funciones específicas. Para el desarrollo de nuevas habilidades musicales, son de nuestro interés estructuras tales como la corteza (dividida en diversas cortezas) que recibe información de los órganos sensoriales<sup>12</sup>; el cerebelo, implicado en el control del movimiento, la memoria a largo plazo y el aprendizaje motor<sup>13</sup>; los ganglios basales y el sistema límbico, implicados en la regulación de las emociones, el sueño, los procesos de la atención, las funciones vitales, las hormonas, la sexualidad y el olfato, entre otros<sup>14</sup>.

### 1.3. *Procesos de atención y aprendizaje*

La atención es la antesala del conocimiento, e implica concentrar y enfocar recursos mentales<sup>15</sup> en un punto determinado y es el segundo paso, después de la percepción, hacia los procesos de aprendizaje y memoria. Se trata de un fenómeno mucho más complejo que la simple recepción de estímulos, ya que involucra diversos procesos: el filtrado de percepciones, el equilibrado de percepciones múltiples y la asignación de significados emocionales<sup>16</sup>. Por naturaleza, la atención es selectiva, pues responde a la motivación y a los intereses personales de cada individuo<sup>17</sup>. La atención presenta seis características fundamentales: 1) es selectiva; 2) su volumen depende de la asimilación del conocimiento;

---

<sup>10</sup> N.R. CARLSON, *Fisiología de la Conducta*, Pearson Educación, Madrid 2006, 31.

<sup>11</sup> *Ibid.*, 32.

<sup>12</sup> *Ibid.*, 89.

<sup>13</sup> R.F. THOMPSON, *The Brain. A Neuroscience Primer*, W.H. Freeman & Co., New York 1993.

<sup>14</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 76.

<sup>15</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología*, Mc Graw Hill, Ciudad de México 2004, 249.

<sup>16</sup> J.J. RATEY, *El cerebro: manual de instrucciones*, Mondadori, Barcelona 2003, 148.

<sup>17</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología*, Mc Graw Hill, Ciudad de México 2004, 242.

3) se encuentra ligada a los periodos de actividad y reposo; 4) presenta una dirección relacionada con la motivación; 5) tiene varios grados de intensidad; y 6) su estabilidad se refiere al tiempo de concentración.

Aprendizaje puede definirse como «el medio mediante el que no sólo adquirimos habilidades y conocimiento, sino también valores, actitudes y reacciones emocionales»<sup>18</sup> lo que significa tener presente que no sólo se refiere a conductas académicas, sino a muchos otros aspectos de la vida<sup>19</sup>. La diferencia fundamental entre aprendizaje y memoria, términos que muchas veces se utilizan indistintamente, es que el aprendizaje es considerado un *proceso* mientras que la memoria se considera un *registro*<sup>20</sup>. Para algunos estudiosos la memoria es el resultado o el producto de los cambios que se obtienen mediante el aprendizaje<sup>21</sup>. El tipo de aprendizaje en el que centraremos nuestra atención, es el de procedimientos o habilidades, llamado también *aprendizaje de destrezas* que, como su nombre lo indica, corresponde al procedimiento por el cual podemos llegar a la realización de una acción. Este se adquiere de manera lenta y a través de muchos ensayos, como sucede con el estudio de un instrumento musical o del dominio vocal en el canto. Es posible clasificar al aprendizaje de destrezas como aprendizaje motor; sin embargo, este primero es mucho más complejo que el movimiento producido por estimulación y se relaciona con el aprendizaje relacional. El aprendizaje motor es considerado como una forma especial de aprendizaje estímulo-respuesta que produce cambios en los sistemas motores, mientras que el aprendizaje relacional se refiere a una forma de aprendizaje compleja que incluye la capacidad de reconocimiento de objetos, de su localización relativa y del recuerdo de la secuencia en la que ocurren los acontecimientos en más de una modalidad sensorial<sup>22</sup>. En el aprendizaje de habilidades, generalmente no es posible describir cómo se adquirió ese conocimiento como lo indican Kandel y Hawkins (1992)<sup>23</sup>.

---

<sup>18</sup> J.E. ORMROD, *Aprendizaje humano*, Pearson Prentice Hall, Madrid 2007, 5.

<sup>19</sup> Cfr. M. DOMJAN, *Principios de aprendizaje y conducta*, Thomson Paraninfo, Madrid 2006.

<sup>20</sup> J.R. ANDERSON, *Aprendizaje y Memoria*, McGraw-Hill (Interamericana Editores), México 2001, 5-6.

<sup>21</sup> *Idem*.

<sup>22</sup> E.A. BUTCHER (et al.), *Plasticidad cerebral*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 457-459.

<sup>23</sup> M.E. MENDOZA GONZÁLEZ, *Aprendizaje*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 72.

## 2.

### **Morfología de la memoria**

#### *2.1. Generalidades y perspectiva histórica*

A lo largo de la historia, el hombre, en su afán por descubrir y entender su mundo interior, se ha preocupado por estudiar el fenómeno de la memoria entre otros tantos. El término “memoria” llega a nuestros días producto del nombre de una deidad griega llamada Mnemósine, diosa de la memoria, hija de Urano (el Cielo) y Gea (la Tierra) y, a su vez, madre de las nueve musas (las Artes) quienes fueron engendradas después de que Mnemósine pasara nueve noches con Zeus. La memoria para el mundo griego, como podemos deducir, era de suma importancia ya que, por una parte, era producto de dos partes fundamentales de la existencia: el Cielo y la Tierra y, por tanto, conjunción de éstas y, por otra, madre de la inspiración y del quehacer humano.

También, dentro del mundo griego, Simónides de Ceos (s. v a.C.) es recordado por la historia por idear un artificio mnemónico que causó gran admiración en sus contemporáneos. A él se le atribuye la invención de los memoranda, o método de los loci (de los lugares), estrategia que se utilizaba para ayudar a la memoria a recuperar información. Tenemos noticias de él gracias a una tablilla de mármol que data del año 264 a.C., aprox., descubierta en el s. xvii en la ciudad de Paros en Grecia, y a las narraciones de Cicerón (54 a.C.) y Quintiliano<sup>24</sup> (s. i) quienes cuentan la historia de cómo Simónides, tras el desplome del techo de un refectorio lleno de invitados, pudo reconocer los cuerpos de los accidentados y devolvérselos a sus familiares mediante la transformación de elementos que deben de ser aprendidos y situar a cada uno de ellos en un lugar determinado a través de un itinerario representado por imágenes en la mente. Este procedimiento del memorandum le sirvió de precedente a Pitágoras en la elaboración de su conjunto de reglas para la memoria<sup>25</sup>.

Un dato curioso es que, también en el s. v a.C, en otra parte del mundo, la naciente religión naciente budista, en sus puntos 7<sup>mo</sup> y 8<sup>vo</sup>, habla acerca de “La memoria perfecta” y de “La concentración perfecta”<sup>26</sup>.

Aristóteles escribió un tratado muy importante titulado *De la memoria y la reminiscencia*, que constituye la base de la escolástica medieval, principalmente la de Tomás de Aquino, y de las teorías materialistas de la filosofía empírica y asociacionista de los siglos xviii y xix. En este tratado, Aristóteles realiza observaciones interesantes relacionadas con la memoria y el tiempo, argumentando que la memoria «se caracteriza por una referencia al pasado [...] e implica la capacidad de estimar el tiempo»<sup>27</sup>, consideraciones que serán retomadas más tarde en el s. xix.

El arte de la memoria en Roma fue desarrollada para el litigio, fundamentalmente, pasando a ser parte de la retórica (o el arte de persuadir) y enseñándose como asignatura en las escuelas. Tenemos noticias de lo anterior, gracias a la supervivencia de la obra: *Rhetorica ad Herennium*, de autor desconocido, pero atribuida durante mucho tiempo a

---

<sup>24</sup> *De Institutione oratoria* de Quintiliano.

<sup>25</sup> Cfr. A. LIEURY, *Los métodos mnemotécnicos*, Herder, Madrid 1985, 43-45.

<sup>26</sup> Cfr. R. BARBACCI, *Educación de la memoria musical*, Ricordi Americana, Buenos Aires 1988.

<sup>27</sup> Cfr. A. LIEURY, *op. cit.*.

Cicerón, y a la obra *De institutione oratoria* de Quintiliano. Más tarde, dentro del mundo medieval, podemos encontrar algunos tratadistas de la memoria, como Raymundo Lulio (1225-1315) y Fray Bartolomé de San Concordia también llamado Fray Bartolomé Pisano (1262-?)<sup>28</sup>.

PARA PROFUNDIZAR

Muchos otros tratadistas a largo de la historia han escrito acerca de la memoria, entre los cuales se pueden citar a: Pierre de la Ramé (1515-1572), Giulio Camillo, y el teatro de la memoria (1530), Romberch de Kyrspé (1533), y la lista de imágenes en su obra titulada *Congestorium artificiosae memoriae*, Grataroli (1554), y su tratado sobre la memoria, y Giordano Bruno, quienes hicieron contribuciones a la utilización de la memoria. Sin embargo, en todo ese tiempo, hasta el S. XVII, el arte de la memoria se caracterizó por el empleo de imágenes de lugares o localización, como ya lo había expuesto históricamente Simónides. Claude Buffier, en 1705-1706, presentó un nuevo método en París que consistía en enseñar la historia mediante versos ritmados resumen de los hechos más importantes (*Pratique de la mémoire artificielle* [...]). También tenemos noticia del método de código cifra-letra atribuido al alemán Stanislaus Mink von Wenusheim, llamado Winckelmann, y su libro titulado *Parnassus*. Otros autores, por su parte, atribuyen el código cifra-letra al matemático francés Pierre Hérigone con su obra titulada *Curso de Matemáticas* y su capítulo titulado *De la aritmética memorística*. Este método código cifra-letra hace corresponder a las consonantes una cifra (B=1, C=2, etc.), partiendo de la idea de que, dado que la memorización de los números es muy compleja y en cambio es más fácil recordar palabras, es a través de estas que se pueden recordar fechas y números de forma más sencilla, cosa que no es posible a través de imágenes<sup>29</sup>.

Según el filósofo David Hume (1711-1776), sin memoria no somos más que una colección de diferentes sensaciones que se suceden unas a otras con una rapidez inconcebible en un flujo perpetuo<sup>30</sup>. Ahora bien, debido a su intangibilidad, el fenómeno de la memoria fue estudiado en siglos pasados desde un punto de vista filosófico (a pesar de que, no debemos olvidar las evidencias científicas aportadas por Gaetano Malacarne en

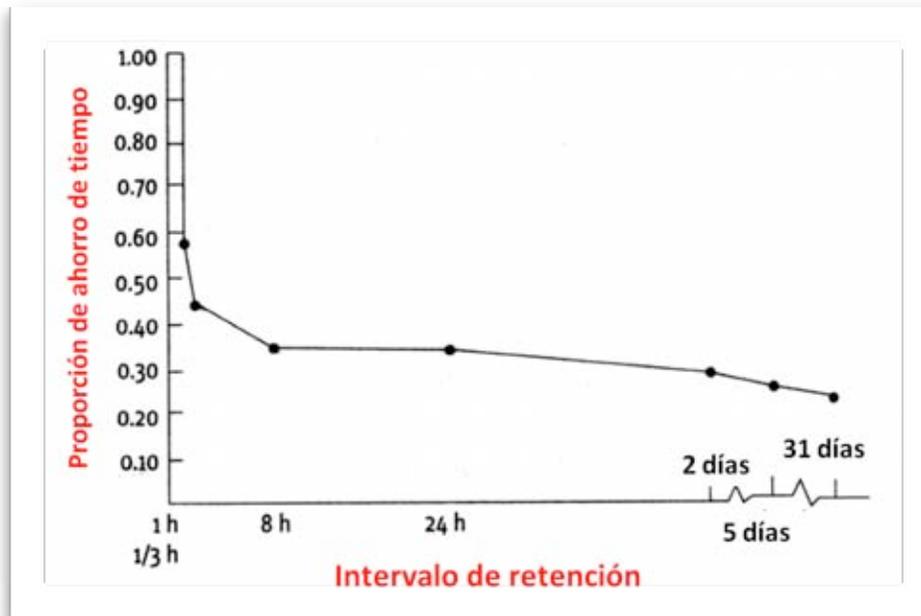
---

<sup>28</sup> Cfr. R. BARBACCI, *op. cit.*.

<sup>29</sup> Cfr. A. LIEURY, *op. cit.*, 71-92.

<sup>30</sup> F. BERMÚDEZ RATTONI, *Memoria, dónde reside y cómo se forma*, Editorial Trillas, México 2001, 11.

1780) hasta finales del XIX, cuando Hermann Ebbinghaus publicó en 1885 *Über das Gedächtnis (Acerca de la memoria)*. Este trabajo marcó el inicio de los estudios científicos y sistemáticos sobre la memoria humana, utilizando un tipo de tarea llamado *aprendizaje serial* en el que él mismo fue el sujeto de su investigación. Este aprendizaje consistía en aprender a producir en un orden específico un pequeño grupo de elementos ordenados en una secuencia (letras, sílabas sin significado, palabras escritas o habladas, etc.). En ese estudio, se encontró, principalmente, que la memoria se establece gradualmente a través de los ensayos, dada la directa correlación observada entre el número de repasos de las listas de palabras de prueba y la cantidad de palabras que se recordaban. Con este método, se encontraron también las bases de la diferenciación entre la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo, al estudiarse la retención inmediata del número de sílabas que se podían recordar (alrededor de 7)<sup>31</sup>; Ebbinghaus representó estos descubrimientos con la curva de aprendizaje y olvido derivada de la relación logarítmica:  $r(t) = a - b \log(t)$ <sup>32</sup>.



**Figura 1**

Curva de Ebbinghaus: en esta gráfica se muestra cómo mejora el aprendizaje con el número de ensayos, de manera no lineal [Brandimonte 2004, 31]

<sup>31</sup> Cfr. *Ibid.*, 12.

<sup>32</sup> M.R. RODRÍGUEZ, *Las caras de la memoria*, Pearson Prentice Hall, Madrid 2004, 278.

## CAPÍTULO SEGUNDO

El trabajo de Ebbinghaus representó, entonces, el inicio de la investigación científica de la memoria. Desde su publicación, la ciencia ha tenido avances muy significativos en ese campo de estudio; por ejemplo, se han logrado identificar las regiones cerebrales involucradas en ella, descubriéndose también que la memoria no es un fenómeno unitario, sino que existen diversos tipos de memoria; tal vez el hallazgo más impresionante en este sentido son los cambios que ocurren a nivel celular cuando ésta se forma<sup>33</sup>.

El filósofo estadounidense William James (1842-1910) interpretó, aunque de manera intuitiva, los hallazgos de los estudios de Ebbinghaus, del cual había quedado fascinado, anticipándose por más de medio siglo a las conclusiones que ahora conocemos, pues, ya en ese momento, propuso que la poca información de seis o siete sílabas que se pueden recordar inmediatamente después de ser estudiadas constituía una *memoria primaria*, término que más tarde sería reemplazado por el de *memoria a corto plazo*, y que cuando la información ya no ocupa nuestra atención, es decir, ya no somos más conscientes de ella y podemos recuperarla a voluntad, excepto en el caso de olvidarla, pasa a la *memoria secundaria (memoria de largo plazo)*<sup>34</sup>.

Mary Calkins (1863-1930), investigadora estadounidense, propuso después de los estudios de Ebbinghaus, en 1894, el método de aprendizaje de *pares asociados*, en donde los sujetos estudian una serie de pares de unidades discretas (sílabas, palabras, imágenes de objetos) para que, posteriormente, al mostrárseles una de las unidades estímulo, puedan dar la unidad de respuesta.

Karl Lashley y Shepherd Franz, sugirieron que la memoria se encontraba distribuida a lo largo de todo el sistema nervioso y que, por tanto, carecía de una localización específica, tanto menos a nivel sináptico. Estos criterios fueron la consecuencia de sus investigaciones en las que observaron que lesiones extensas de la corteza cerebral no tenían efecto alguno en la adquisición de algunas tareas de aprendizaje. Los intentos por explicar la memoria a nivel celular decayeron durante la década de los años treinta del s. xx. Jerzy Konorski, con *Los reflejos condicionados y la organización neuronal* (publicada en 1948) y Donald Hebb (1904-1985, considerado el fundador en el estudio de la biología celular de la memoria),

---

<sup>33</sup> *Ibid.*, 13.

<sup>34</sup> Cfr. *Ibid.*, 14.

con su libro intitulado *The Organization of Behavior, A Neuropsychological Theory* (1949), marcaron el cambio en el estudio de la memoria. Estos autores buscaron derribar el muro entre la psicología y la neurología para encaminarse a un frente común, es decir, a la relación entre las funciones neuronales y la conducta<sup>35</sup>. Hebb expuso que la memoria estaba relacionada con cambios morfológicos sugiriendo que las sinapsis no eran estructuras inmutables, sino que podían experimentar cambios funcionales por su uso, fenómeno que conocemos ahora como *plasticidad sináptica*. El primero en localizar en el encéfalo humano procesos de memoria fue Wilder Penfield (1891-1976), neurocirujano del Instituto Neurológico de Montreal, Canadá, en 1940, quien, gracias a los procedimientos quirúrgicos con anestesia local (debido a que el cerebro carece de receptores de dolor) utilizados para el tratamiento de la epilepsia focal (mediante la extirpación del tejido epiléptico) en los que al paciente se le hacían preguntas mientras se realizaba la cirugía para poder localizar las áreas de Broca y Wernicke evitando lesionar estas zonas, llegó a la conclusión de que el lóbulo temporal almacena un tipo de información inconsciente llamado inconsciente pre-consciente. Un neurocirujano llamado Willian Scoville (1906-1984), inspirado en los trabajos de Penfield, obtuvo pruebas directas de que los lóbulos temporales desempeñaban un importantísimo papel en los procesos de memoria, por lo que al paciente H.M. (ver apéndice 3) le practicó una cirugía como último recurso para terminar con sus problemas epilépticos causados por la herida en la cabeza que había sufrido cuando era niño, extirpando la superficie interna de ambos lóbulos temporales y el hipocampo. H.M. se recuperó de la epilepsia, pero perdió para siempre la capacidad de transformar nuevos recuerdos en recuerdos permanentes. Brenda Milner (1918), quien trabajaba con Scoville, registró una serie de estudios de capacidades mnésicas que se le habían aplicado a H.M., descubriendo que algunas capacidades, como la memoria a corto plazo, habían quedado intactas: podía llevar una conversación normal que no durara mucho tiempo y que no versara sobre temas muy diversos, y era capaz de recordar una sucesión de varios dígitos que se le mostraban por un breve periodo de tiempo y que debía memorizar, así como también conservaba sus recuerdos anteriores a la cirugía, pero había perdido

---

<sup>35</sup> Cfr. *Ibid.*, 122.

## CAPÍTULO SEGUNDO

irremediamente la capacidad de adquirir cualquier tipo de nuevo conocimiento. A partir de las observaciones que realizó con H.M. por 30 años, Milner sugirió tres principios acerca del fundamento biológico de la memoria:

Primero: la memoria es una función mental bien diferenciada y separada de las capacidades perceptivas, motoras y cognitivas. Segundo: la memoria de corto plazo y la memoria de largo plazo pueden almacenarse en lugares distintos. La pérdida de las estructuras mediales del lóbulo temporal, en particular, la pérdida del hipocampo, destruye la capacidad de transferir lo almacenado en la memoria de corto plazo a la memoria de largo plazo. Tercero: Milner mostró que al menos un tipo de memoria puede vincularse con lugares específicos del cerebro. La pérdida de masa encefálica correspondiente a la zona medial del lóbulo temporal y el hipocampo afecta irremediamente la capacidad de adquirir nuevos recuerdos de largo plazo, mientras que la pérdida de masa encefálica de otras regiones del cerebro no afecta a la memoria<sup>36</sup>.

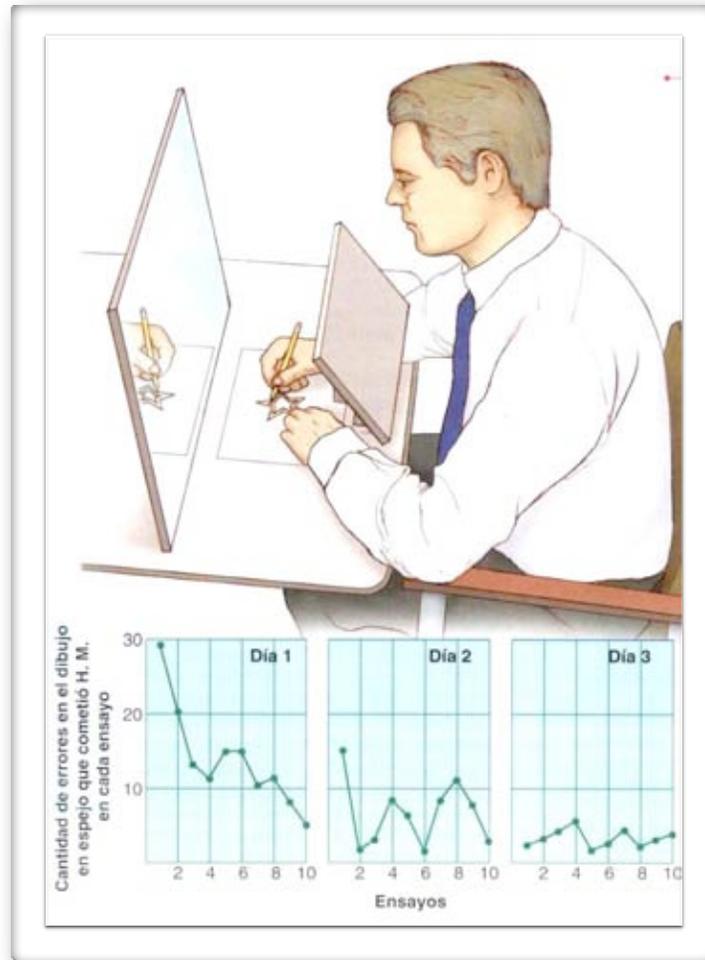
Además de estas importantes revelaciones, Milner demostró la existencia de dos tipos de memoria con sistemas anatómicos diferentes, la memoria explícita y la memoria implícita. Milner descubrió que H.M. podía aprender y recordar algunas cosas a largo plazo, de manera que la memoria a largo plazo que le había quedado no dependía ni del lóbulo frontal ni del hipocampo<sup>37</sup>. A H.M. se le aplicaron innumerables pruebas de memoria: prueba de dígitos +1, prueba de memoria de toque de cubos, prueba del rotor de persecución, prueba de dibujos incompletos, condicionamiento pavloviano y la prueba de dibujo en espejo<sup>38</sup>. Esta última consistía, como su nombre lo indica, en que, con ayuda de un espejo, H.M. aprendió a trazar el contorno de una estrella, mejorando día tras día en esta destreza como en cualquier persona normal. Sin embargo, H.M. no era capaz ni siquiera de recordar que el día anterior había ya realizado la misma tarea.

---

<sup>36</sup> E.R. KANDEL, *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*, Katz, Buenos Aires 2007, 157.

<sup>37</sup> *Ibid.*, 159.

<sup>38</sup> Cfr. J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson Educación, Madrid 2007, 291-294.



**Figura 2**

Aprendizaje y retención de la tarea de dibujo en espejo por H.M. Pese a su buena retención de la tarea, H.M. no tenía un recuerdo consciente de haberla hecho antes (modificado de Milner, 1965) [Pinel 2007, 292]

Actualmente, no podemos referirnos a la memoria como a un fenómeno simple, sino como a la integración dinámica de sistemas de memorias particulares especializadas con ubicaciones específicas a nivel cerebral. Cuando pensamos en “memoria”, nos remitimos frecuentemente al recuerdo consciente de un evento ocurrido en el pasado, pero, ¿cómo podemos entonces nombrar al fenómeno que sucede cuando de pronto debemos memorizar un número de teléfono que no podemos escribir, y a no más de diez minutos ya nos es imposible recordarlo de nuevo?, y, ¿cómo podemos llamar al fenómeno que ocurre cuando después de muchos años de no subirse a una bicicleta aún somos capaces de andar en ella?, y, más aún, ¿qué sucede con el hecho de poder visualizar mentalmente un trayecto para

desplazarnos de un lado a otro dentro de una ciudad? ¿Pertenece, entonces, todos estos fenómenos a la memoria y, si es así, cómo se relacionan con el aprendizaje?

## 2.2. Clasificación de la memoria

El fenómeno de la memoria, como muchos otros, es actualmente estudiado por las seis principales especialidades de la biopsicología: *a)* la psicología fisiológica; *b)* la psicofarmacología; *c)* la neuropsicología; *d)* la psicofisiología; *e)* la neurociencia cognitiva, y la *f)* psicología comparada.

Dado que el fenómeno de la memoria ha sido estudiado con gran ahínco sobre todo durante los últimos 40 años, ha surgido la necesidad de unificar las definiciones de los conceptos utilizados en las investigaciones; no obstante, aún hoy existen discrepancias en el manejo de ciertos términos, como veremos más adelante, por ejemplo, en lo referente a memorias de corto y largo plazo. Una clara definición de memoria es la propuesta por Eric Kandel, premio Nobel de Medicina en el año 2000, quien la define como “la retención o el almacenamiento de los conocimientos adquiridos mediante el aprendizaje”<sup>39</sup>.

### 2.2.1. Por su temporalidad

Existen diversos modelos taxonómicos para clasificar la memoria. Uno de los más importantes se basa en el tiempo de recuperación de lo que se ha memorizado, lo que permite dividirla en *memoria a corto plazo* y *memoria a largo plazo*. Sin embargo, esta distinción se refiere no a diferentes tipos de memoria, sino a las etapas o las fases por las cuales ésta pasa. Desgraciadamente, como ya mencionamos, dependiendo del área de conocimiento a la cual pertenece el investigador, algunos términos, como el de *memoria a corto plazo* o (MCP), parecen ser utilizados de diversas maneras. Los psicólogos cognitivos fueron los primeros en utilizar el término MCP, definiéndolo como una memoria que sólo tiene una duración de 30 segundos (J. Brown, 1958; L. R. Peterson y Peterson 1959)<sup>40</sup>,

---

<sup>39</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson-Prentice Hall, Madrid-New York 1995, 695.

<sup>40</sup> Cfr. M.R. ROSENZWEIG (et al.), *Psicología biológica, una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*, Editorial Ariel colección Neurociencias, Barcelona 2001, 545.

mientras que otros investigadores, como Kandel y sus colaboradores<sup>41</sup>, pertenecientes al campo biológico, describen a la MCP como un tipo de memoria no permanente que puede tener una duración que va desde minutos a horas o incluso hasta un día entero, por lo que se debe tener cuidado en la interpretación de estos conceptos.

Algunos investigadores añaden, dentro de la clasificación temporal de la memoria, y previa a la memoria de corto plazo, la *memoria sensorial*, que se define como la retención de información con una duración no mayor a un segundo en el que los sentidos son expuestos a ella<sup>42</sup>. Este tipo de recuerdos se denominan *memorias icónicas* (del griego *eikón* «imagen»)<sup>43</sup>, para el caso de memorias sensoriales de tipo visual, mientras que, en el caso de memorias sensoriales auditivas, se les denomina *memorias ecoicas*. Se cree que estas memorias a muy corto plazo tienen un espacio de tiempo muy breve que va de los 250 a los 2000 milisegundos<sup>44</sup>. El estudio clásico acerca de memoria icónica fue el realizado por George Sperling en 1960, quien utilizó la *técnica del informe parcial* en el que se hace una estimación de la capacidad. Más recientemente – en el 2002 – encontramos otros estudios, como los de Rainer y Miller<sup>45</sup>. Desgraciadamente, no es posible medir la capacidad de forma directa y la mayoría de los autores actuales concuerda en que este tipo de memoria tiene una capacidad ilimitada. En lo que se refiere a la memoria ecoica, los estudios clásicos fueron los realizados por Neisser (1967), Vega y Ruiz-Vargas<sup>46</sup>.

La memoria de corto plazo (MCP) es un sistema mnémico con capacidad limitada y, según algunos investigadores, tiene solamente una duración de 30 segundos, si no viene reforzada para poder retenerse durante más tiempo. Un artículo clásico referente a la capacidad de la memoria a corto plazo fue el de George Miller en 1956, en el que expuso que la cantidad de información que un individuo puede retener es de 7, más o menos 2 elementos o *ítems*. Este experimento se basó en listas de palabras que los sujetos

---

<sup>41</sup> Cfr. *Ibid.*, 645.

<sup>42</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología*, Editorial Mc Graw Hill Interamericana, México 2005, 246.

<sup>43</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op.cit.*, 644.

<sup>44</sup> M.A. VERDUGO ALONSO, (compilación de), *Personas con discapacidad: perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras*, Siglo XXI, Madrid 2002, 638.

<sup>45</sup> J.W. SANTROCK, *Op.cit.*, 246.

<sup>46</sup> J. LEÓN-CARRIÓN, *Manual de neuropsicología humana*, Siglo XXI, Madrid 1995, 330.

## CAPÍTULO SEGUNDO

experimentales debían retener con sólo una lectura, descubriéndose que si las listas excedían en un número mayor a ocho o nueve palabras se comenzaban a cometer errores al momento de recordarlas<sup>47</sup>. En la *memoria a corto plazo*, que después fue llamada *memoria de trabajo*, interviene la corteza frontal cerebral. Ahora bien, se ha observado que para ampliar esta capacidad de almacenamiento de la memoria a corto plazo utilizamos el *ensayo* y la *fragmentación*. El ensayo consiste en la repetición consciente de la información que queremos recordar y es el mecanismo base para la memoria a largo plazo (MLP). En muchas ocasiones, el ensayo de cierta información, sobre todo si se trata de contenidos para un examen, puede no ser almacenada permanentemente en la memoria a largo plazo, y esto se debe a que estos contenidos en realidad carecen de significado<sup>48</sup>; de aquí la importancia del significado en el aprendizaje (ver anexo 3). Generalmente, el ensayo se da de manera verbal, pero también puede ser de tipo visual-espacial, de modo que es posible recordar una situación por un contexto determinado. A este tipo de memoria visual se le ha denominado bajo el nombre de memoria *fotográfica* o *eidética*; su estudio es realmente difícil porque los casos reales existentes de este fenómeno son verdaderamente raros e inclusive algunos investigadores como Gray y Gummerman (1975)<sup>49</sup> tienen duda acerca de la real existencia de éste<sup>50</sup>. Lo anterior no significa de ninguna manera que no poseamos la capacidad de retener imágenes, sino que en realidad debemos considerar que éstas se re-elaboran dentro de nuestro cerebros y, por tanto, no son fieles descripciones de la realidad que nos circunda.

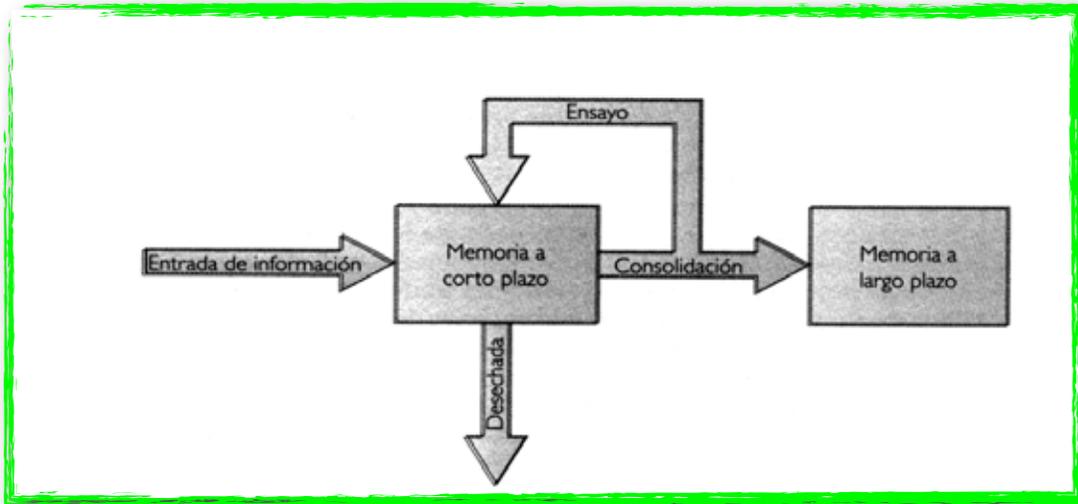
---

<sup>47</sup> *Ibid.*, 247.

<sup>48</sup> *Idem.*

<sup>49</sup> Cfr. D.H. SHUNK, *Teoría del aprendizaje*, Pearson Prentice Hall, México 1997, 188.

<sup>50</sup> J.W. SANTROCK, *op.cit.*, 247.



**Figura 3**

Modelo de memoria de Atkinson y Schiffrin (1968)  
en el que se relacionan las memorias de corto y largo plazos [Bermúdez 2001, 14]

Otros estudiosos contemporáneos de memoria (Baddeley, 1998, 2001; Bartlett, 2001) opinan que la memoria a corto plazo es algo más compleja<sup>51</sup>. Alan Baddeley propuso, en sus estudios de 1993, 1998, 2001 y 2001, que la *memoria de trabajo* consiste en un sistema dinámico de retención temporal de información que interactúa con tareas de tipo cognoscitivo, como la toma de decisiones, el lenguaje y la resolución de problemas<sup>52</sup>.

La otra fase, o etapa, de la memoria, llamada *memoria a largo plazo* (MLP) o *memoria permanente*, tiene un gran contenido inconsciente que a menudo no se puede recuperar por voluntad propia, y se define como el almacenamiento de información que abandona el curso de nuestro pensamiento y que podemos recuperar cuando nos es necesario<sup>53</sup>. Se ha estimado que la capacidad de almacenamiento de la memoria a largo plazo es de  $2.8 \times 10^{20}$ , es decir 280 trillones de bits, lo que significa, para efectos prácticos, una capacidad casi ilimitada<sup>54</sup>.

Gracias a las investigaciones controladas, a los casos clínicos y a las modernas técnicas de imagenología médica, actualmente se dispone de razones suficientes, teóricas y

<sup>51</sup> *Ibid.*, 248.

<sup>52</sup> *Idem.*

<sup>53</sup> F. BERMÚDEZ RATTONI, *op. cit.*, 30.

<sup>54</sup> J.W. SANTROCK, *op. cit.*, 249.

## CAPÍTULO SEGUNDO

experimentales para afirmar que tanto los procesos cognitivos como los mecanismos biológicos involucrados en la formación de la MCP y de la MLP son diferentes<sup>55</sup>.

La investigación realizada hace más de 40 años por Kandel, que podemos encontrar elegantemente resumida en la revista *Science*, publicada en el No. 294, 2001, 1030-1038 con el nombre *The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses*<sup>56</sup>, ayudó a comprender los mecanismos moleculares de la plasticidad sináptica relacionada con los procesos de memoria y aprendizaje. El precursor en el campo de estudio de la *Aplysia* anterior a este estudio, fue Ladislav Tauc (1925-1999). Kandel examinó al caracol marino que lleva el nombre de *Aplysia californica*, organismo simple que habita en las costas de California, de más de treinta centímetros de longitud, poseedor de 20,000 neuronas centrales con un tamaño adecuado para la implantación de electrodos y capaz de realizar algunas formas de aprendizaje simple y cuantificable comunes a otras especies más evolucionadas, también presentes en el hombre. Este autor descubrió que la sensibilización (ver apéndice 3) es una forma de aprendizaje más compleja que la habituación que presenta una forma a corto plazo y otra a largo plazo, como en el caso de la memoria: el organismo descubre que un estímulo es nocivo y aprende a responder de una manera más intensa frente a una variedad de estímulos diversos, al igual que a otro inocuo, haciéndose más intensos los reflejos de retirada y huida del primero, encontrándose, además, que la MLP necesita de la síntesis de nuevas proteínas y el crecimiento de nuevas conexiones sinápticas. Tanto en la habituación como en la sensibilización, la práctica perfecciona y aumenta la memoria. Estas conductas estudiadas en la *Aplysia* y otros vertebrados sugieren que las memorias a corto y a largo plazos son dos aspectos de un proceso graduado, asociados a cambios en la intensidad sináptica. En ambos procesos (a corto y a largo plazos) el incremento de la intensidad sináptica se debe al aumento de la liberación de un neurotransmisor conocido como serotonina (neurotransmisor modulador) que produce facilitación a corto plazo con una sola exposición, y «facilitación a largo plazo después de 4 ó 5 exposiciones repetidas»<sup>57</sup>. En la *Historia Naturalis* de Plinio el Viejo,

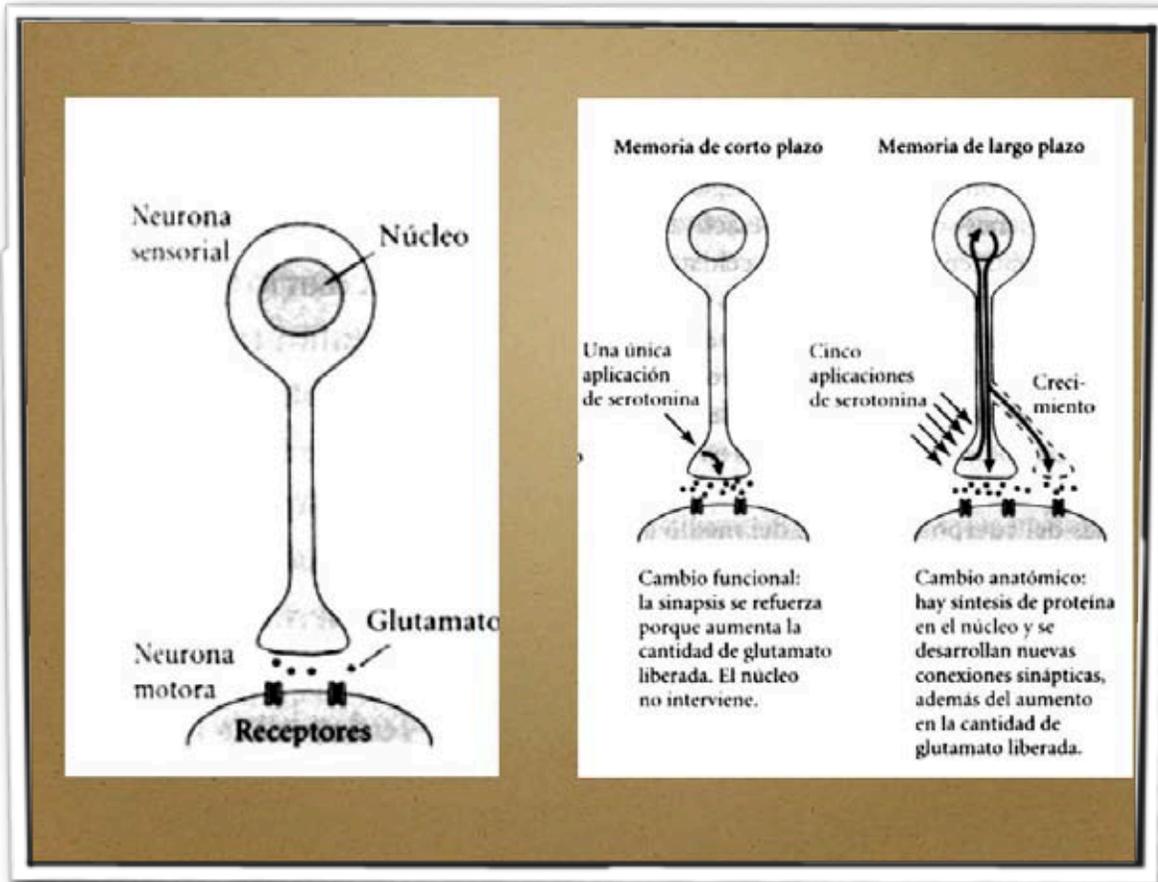
---

<sup>55</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op. cit.*, 645.

<sup>56</sup> F. ANSERMET – P. MAGISTRETTI, *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*, Katz, Buenos Aires 2006, 59.

<sup>57</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson Prentice Hall, Madrid 1997, 724.

escrita en el S. I, aparece por primera mencionada vez la *Aplysia*, a la cual Galeno también hace mención, en el S. II, llamándola ambos *lepus marinus*, que quiere decir *liebre de mar*, por la forma de *lagomorpha* que presenta cuando se encuentra inmóvil y contraído<sup>58</sup>.



**Figura 4**

Cambios funcionales y anatómicos que sufre una neurona durante la memoria de corto y largo plazo [Kandel 2007, 299]

Existen cuatro teorías que tratan de explicar la manera según la cual la información que nuestra memoria a largo plazo tiene almacenada se encuentra organizada: a) *jerarquías*, sistema mediante el cual la información se clasifica de lo general a lo específico<sup>59</sup>, b) *redes semánticas*, jerarquías de conceptos de conexiones múltiples con puntos de ramificación en diferentes niveles de abstracción<sup>60</sup>, c) *esquemas*, teoría que comenzó con los estudios de sir

<sup>58</sup> Cfr. E.R. KANDEL, *En busca de la memoria, op. cit.*, 174-176.

<sup>59</sup> J.W. SANTROCK, *op. cit.*, 253.

<sup>60</sup> *Ibid.*, 254.

Frederick Bartlett en 1932, quien estudiaba la forma de acuerdo con la cual la gente recuerda historias, y se refiere a que un concepto mental o estructura preexistente ayuda a organizar e interpretar la información<sup>61</sup> y, por último, el d) *conexionismo*, explicación de por qué los recuerdos no son conceptos abstractos, -como en las redes semánticas-, ni grandes estructuras de conocimiento – como en la teoría de esquemas – sino impulsos eléctricos organizados de acuerdo a la organización neuronal, y que “cualquier fragmento de conocimiento está integrado en la potencia de cientos o miles de conexiones entre neuronas y no se limita a una sola ubicación”<sup>62</sup>.

### 2.2.2. Por el tipo de prueba de medición

La memoria ha sido clasificada según el tipo de medición que se utiliza para su investigación y se le ha dividido en *memoria declarativa o explícita* y *memoria no declarativa o implícita*, entendiéndose que para la medición de la memoria declarativa se utilizan pruebas de tipo explícito, o tests directos, es decir, que requieren del recuerdo consciente de la información o reconocimiento consciente del material de prueba<sup>63</sup>, mientras que para el estudio de la memoria no declarativa se utilizan pruebas de tipo implícito, o tests indirectos, en donde la experiencia altera la conducta inconscientemente sin acceso alguno al contenido que se recuerde, de modo que la memoria es deducida por la ejecución<sup>64</sup>. Esta nomenclatura, utilizada por Larry Squire y Daniel Schacter, substituyó a la anterior: la *memoria consciente* pasó a llamarse memoria declarativa o explícita y la *memoria inconsciente*, memoria no declarativa o implícita.

La memoria declarativa o explícita se refiere a hechos e informaciones adquiridos mediante el aprendizaje<sup>65</sup> que se pueden comunicar de manera verbal: lo que normalmente entendemos por memoria. Comprende los recuerdos conscientes referentes a objetos, sucesos, hechos, lugares y personas<sup>66</sup>. Las estructuras cerebrales involucradas directamente

---

<sup>61</sup> *Ibid.*, 255.

<sup>62</sup> *Idem.*

<sup>63</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op. cit.*, 637.

<sup>64</sup> *Idem.*

<sup>65</sup> *Idem.*

<sup>66</sup> E.R. KANDEL, *En busca de la memoria, op. cit.*, 160.

en este sistema de memoria son el hipocampo, el lóbulo temporomedial y el diencéfalo. El psicólogo cognitivo Endel Tulving, tras estudiar el caso de un paciente conocido como K. C., quien sufrió una lesión importante en la corteza cerebral fronto-parietal izquierda y parieto-occipital derecha en un accidente de tránsito que le ocasionó el no poder recuperar ningún recuerdo biográfico, ni adquirir nuevos conocimientos episódicos mientras que seguía siendo capaz de conversar con soltura y jugar al ajedrez, definió dos tipos de memoria declarativa (1972)<sup>67</sup>: la memoria *semántica*, que son los recuerdos generalizados, esto es, saber el significado de una palabra sin importar cómo, cuándo o dónde se aprendió ésta, y la memoria *episódica*, que se refiere a los recuerdos autobiográficos en donde se pueden relacionar tiempos y lugares concretos. A este tipo de memoria, se le ha dividido a su vez, en memoria de *hechos* y memoria de *eventos*. Dos tipos de memoria más forman parte también de la memoria declarativa o explícita: la *memoria retrospectiva* que consiste en el recuerdo del pasado y la *memoria prospectiva* que es la capacidad de recordar algo que debemos realizar en el futuro (Burguess, Quayle y Frith, 2001; Kliegel y otros, 2001; McDaniel y Einstein, 2000)<sup>68</sup>. Cuando olvidamos algo –desde una cita hasta comprar algún artículo en el mercado–, generalmente, lo atribuimos al fenómeno conocido como la *distracción*, que es considerada como una avería entre la atención y el almacenamiento de la memoria prospectiva (Schacter, 2001)<sup>69</sup>.

Por otra parte, la memoria no declarativa o implícita, se relaciona con el recuerdo no consciente de habilidades y percepciones sensoriales<sup>70</sup>, comprendiendo los hábitos, la sensibilización, el condicionamiento clásico y las destrezas perceptivas y motoras<sup>71</sup>. Esta se manifiesta por el rendimiento en la ejecución, más que por el recuerdo consciente, llamándosele también memoria *procedimental* o *de procedimientos*<sup>72</sup>. Debemos aclarar que «la memoria implícita no es un único sistema sino un conjunto de procesos en los que

---

<sup>67</sup> *Ibid.*, 639.

<sup>68</sup> J.W. SANTROCK, *op. cit.*, 251.

<sup>69</sup> *Idem.*

<sup>70</sup> *Idem.*

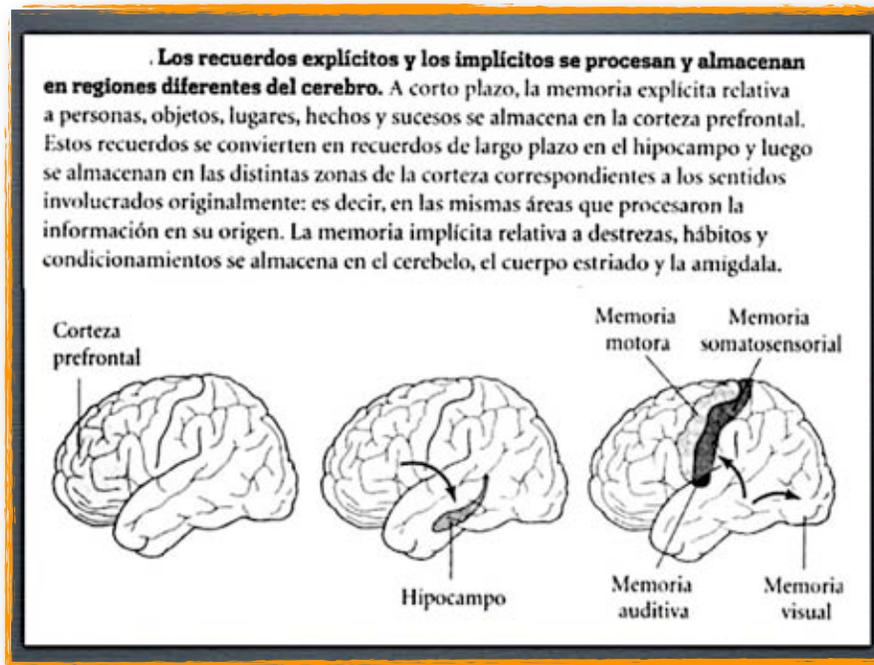
<sup>71</sup> E.R. KANDEL, *En busca de la memoria, op. cit.*, 160.

<sup>72</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op. cit.*, 637.

intervienen varios sistemas cerebrales diferentes situados en la profundidad de la corteza»<sup>73</sup>. La memoria no declarativa se divide en cuatro subsistemas:

- a) las *habilidades y hábitos*, que se relacionan con el estriado, la corteza motora y el cerebelo;
- b) el *priming*, o “información parcial visual o auditiva sugerente de algo más amplio”, que involucra a la neocorteza;
- c) los *aprendizajes asociativos básicos*, (que a su vez se subdividen en *respuestas emocionales* que se relacionan con la amígdala y *respuestas musculares* relacionadas con el cerebelo);
- d) *aprendizajes no asociativos*, que implican las vías reflejas<sup>74</sup>.

Para distinguir de una forma más clara la diferencia entre memoria declarativa y memoria no declarativa, podemos decir que la primera se ocupa del *qué*, mientras que la segunda se ocupa del *cómo*<sup>75</sup>.

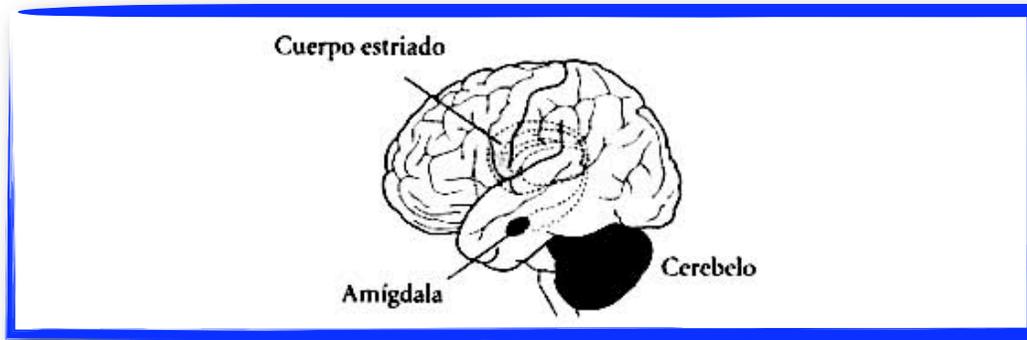


**Figura 5**  
Almacenamiento de la memoria explícita [Kandel 2007, 158]

<sup>73</sup> E.R. KANDEL, *En busca de la memoria*, op. cit., 160.

<sup>74</sup> F. BERMÚDEZ RATTONI, op. cit., 17.

<sup>75</sup> M.R. ROSENZWEIG, op. cit., 637.



**Figura 6**  
Almacenamiento de la memoria implícita [Kandel 2007, 158]

### 2.3. Localización de la memoria y recuperación de información

El investigador Karl Lashley (1950) pasó su vida tratando de encontrar el lugar específico del cerebro en donde se almacenan los recuerdos. Sin embargo, tras experimentar con miles de ratas que primeramente eran entrenadas en tareas de resolución de laberintos para después ser sometidas a la extirpación quirúrgica de alguna sección cerebral y una vez más puestas a realizar las tareas para las que habían sido entrenadas en un principio, se dio cuenta de que la memoria no tenía una ubicación específica. Investigadores que siguieron los pasos de Lashley coincidieron con él en que el almacenamiento de la memoria era difuso y propusieron nuevas ideas, como fue el caso de las propuestas del famoso psicólogo canadiense Hebb<sup>76</sup>, quién sugirió que grupos de neuronas distribuidas en áreas grandes de la corteza cerebral trabajan juntas para representar la información<sup>77</sup>. Otro destacado investigador, Larry Squire (1990)<sup>78</sup>, ha sostenido que es probable que la mayoría de los recuerdos se concentren en grupos de alrededor de 1000 neuronas<sup>79</sup>.

Las investigaciones «sugieren que cada recuerdo se almacena de modo difuso en todas las estructuras del encéfalo que han participado en su experiencia original (Fries, Fernández y Jensen 2003; Nyberg *et al.*, 2000; Wheeler, Petersen y Buckner, 2000)»<sup>80</sup>. Así (según las

<sup>76</sup> Cfr. J.W. SANTROCK, *op. cit.*, 256.

<sup>77</sup> *Ibid.*, 257.

<sup>78</sup> *Idem.*

<sup>79</sup> *Idem.*

<sup>80</sup> J.P.J. PINEL, *op.cit.*, 310.

investigaciones de Gómez Beldarráin y su grupo, 2002, y de Zola y Squire, 2001<sup>81</sup>) la memoria explícita utiliza el hipocampo, la corteza cerebral del lóbulo temporal inferior y otras áreas del sistema límbico, mientras que la memoria implícita involucra al cerebelo que es el encargado del desempeño de habilidades (Krupa, Thompson y Thompson, 1993) y varias áreas de la corteza, como los lóbulos temporales y el hipocampo que funcionan para el *priming* (Jenigan, Ostergaard y Fennema-Notstine, 2001; Yasuno *et al.*, 2000)<sup>82</sup>. Otras estructuras, como la amígdala, desempeñan un papel fundamental en la memoria del significado emocional de las experiencias (Mc Gaugh, 2002; Medina *et al.*, 2002), mientras que la corteza prefrontal se relaciona con la memoria de trabajo y con el recuerdo en orden temporal de los acontecimientos, de manera que quienes sufren de una lesión en esta área muestran dificultad para llevar a cabo tareas que impliquen respuestas en sucesión (Colvin, Dunbar y Grafman, 2001)<sup>83</sup>. Por otra parte, las investigaciones relacionadas con la adquisición de aprendizaje sensitivomotor, sugieren que, como ya se mencionó, el cerebelo almacena el recuerdo de este tipo de aprendizaje y el neocórtex las «relaciones sistemáticas entre estímulos y respuestas – el tipo de recuerdos que se crean gradualmente a lo largo de muchos ensayos (White, 1997)»<sup>84</sup>.

Los psicólogos han sugerido tres pasos para garantizar el recuerdo de cierta información: la codificación, la consolidación y la recuperación. Dentro de la recuperación tenemos la *curva de posición serial*, que muestra los efectos de *priming* e inmediatez explicados es decir la tendencia de que los elementos al principio y al final de una lista de palabras sean recordados con mucha mayor facilidad que los de en medio (Howard y Kahana, 1999; Suprenant, 2001)<sup>85</sup>.

---

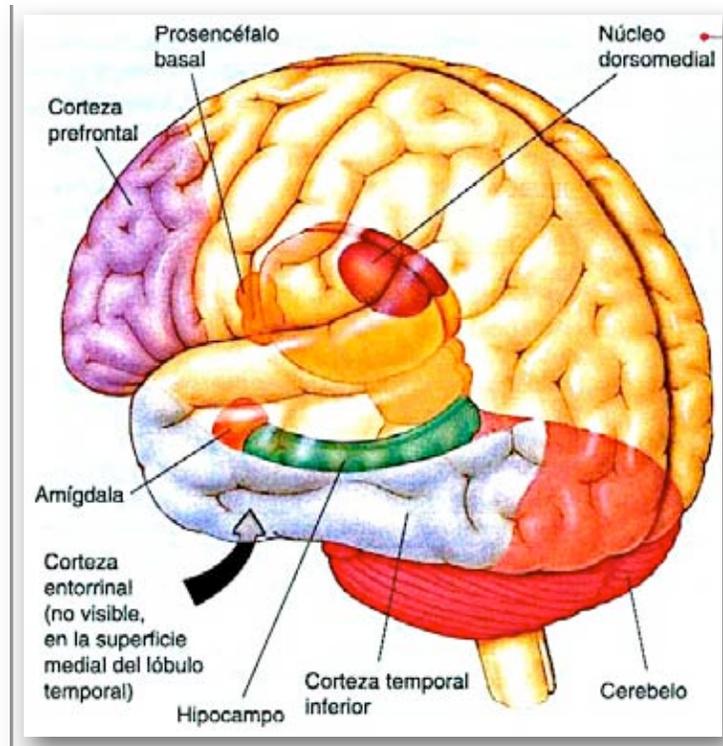
<sup>81</sup> J.W. SANTROCK, *op. cit.*, 257.

<sup>82</sup> *Idem.*

<sup>83</sup> J.P.J. PINEL, *op.cit.*, 310-311.

<sup>84</sup> *Ibid.* 311.

<sup>85</sup> J.R. ANDERSON, *Aprendizaje y Memoria. Un enfoque integral*, McGraw Hill, México 2001, 30.



**Figura 7**

Estructuras del encéfalo que se ha demostrado intervienen en la memoria. Puesto que hubiera impedido ver las demás estructuras, no se ha incluido el neo-estriado [Pinel 2007, 310]

#### 2.4. *Memoria de habilidades o procedimental*

Muchas de las actividades que desempeñamos diariamente se relacionan con la adquisición de habilidades o memoria procedimental, que se basa en la automatización de movimientos para el desempeño de una tarea. Son ejemplos claros de este tipo de memoria actividades tales como manejar un automóvil o escribir en el teclado de una computadora, por ejemplo. Sin embargo, existen también otras mucho más especializadas, como el estudio de un instrumento musical, que se basa en el desarrollo especializado de movimientos perfectamente coordinados simultáneos y secuenciales.

El aprendizaje de destrezas requiere de movimientos altamente precisos pero también requiere de la cognición necesaria para realizarlos<sup>86</sup>. Algunos investigadores sugieren que el aprendizaje de una destreza o una habilidad requiere de dos etapas: en la primera, la

---

<sup>86</sup> J.J. RATEY, *El cerebro: manual de instrucciones*, Mondadori, Barcelona 2002, 256.

actividad se concentra en el grupo de células que represente mejor el estímulo o el movimiento: en el caso de aprender a tocar un instrumento, las principales áreas motrices son las regiones que controlan los ojos, los oídos y los dedos; en la segunda etapa, se conectan lentamente más neuronas con el fin de refinar los patrones neuronales esenciales de descarga<sup>87</sup>. De aquí la frase: “la práctica hace al maestro”. La estructura cerebral que interviene en la formación de nuevos hábitos motores es el cuerpo estriado, mientras que el cerebelo coordina nuevas destrezas motoras o actividades coordinadas<sup>88</sup>.

La adquisición de habilidades se ha definido como “el proceso de adquisición de fluidez en el uso del conocimiento”<sup>89</sup>, pero, ¿cómo adquirimos este tipo de conocimiento? Una investigación, realizada por Singley y Anderson (1989)<sup>90</sup> con estudiantes de secretariado que se desempeñaban como mecanógrafos competentes pero que nunca habían utilizado un procesador de textos, reveló que la adquisición de habilidades empieza con un componente cognitivo grande y que con la práctica éste se reduce, de manera que conforme más se practica una habilidad sólo permanece una rutina motora automatizada<sup>91</sup>.

Los investigadores Fitts (1964) y Anderson (1982) han propuesto que para la adquisición de habilidades son necesarias tres etapas: la primera es llamada *etapa cognitiva*, en la que el sujeto comienza a aprender la tarea partiendo de instrucciones o de la imitación (1. a partir de la información que tengo; 2. pienso cómo debo actuar y 3. en qué momento tengo que hacer qué). Para que un alumno comience a tocar un instrumento de teclado, será, entonces, necesario explicarle de qué manera tiene que sentarse, cuál es la postura que deben adoptar sus hombros, sus brazos, sus codos, su espalda, sus pies y sus piernas y, por supuesto, cómo poner los dedos sobre el teclado. No obstante, con toda esta explicación, el sujeto no está todavía en condiciones de resolver los nuevos problemas que se le presentarán, derivados de la explicación que ha recibido, ya que toda ejecución hábil tienen sus orígenes en la necesidad de una solución a un problema novedoso, tal y como sucede en otros tipos de

---

<sup>87</sup> *Ibid.*, 257.

<sup>88</sup> Cfr. E.R. KANDEL, *En busca de la memoria*, 160.

<sup>89</sup> J.R. ANDERSON, *op.cit.*, 327.

<sup>90</sup> *Ibid.*, 327.

<sup>91</sup> *Idem.*

aprendizaje<sup>92</sup>. Ahora bien, el primer paso que un aprendiz debe tomar en cuenta cuando se enfrenta con una nueva tarea será organizar alguna solución a los problemas presentados; de aquí que sea necesaria información concreta de cómo se debe hacer para resolver un problema<sup>93</sup>. Las investigaciones concernientes a la resolución de problemas han derivado sobre todo por el desarrollo en los avances de la inteligencia artificial, como se desprende del estudio realizado por Newell y Simon (1972)<sup>94</sup>, en el que explican que, para poder alcanzar una meta, se utilizan *operadores*, o procedimientos para cambiar una situación determinada en otra que nos acerque más a nuestra meta, que están funcionando como controladores, contenedores y disparadores del movimiento. El problema en la utilización de estos operadores consiste en que no solamente es necesario saber cuáles son los operadores a utilizar sino saber también en qué momento se utilizarán<sup>95</sup> y si son o no los adecuados para la meta en cuestión. En el mismo análisis de Newell y Simon, se reveló la existencia de dos mecanismos por los cuales se seleccionan los operadores para la realización de tareas: la *reducción de la diferencia*, que consiste en escoger operadores que eliminan diferencias entre el estado actual y el estado meta, y los *operadores para submetas*, que son los operadores (guías que dirigen una operación) que se escogen, por decirlo así, en el camino, suspendiendo por un momento el intento por alcanzar la meta inicial y buscando llegar a la submeta, sabiendo que al lograr la submeta se alcanzará parte de la meta inicial<sup>96</sup>.

La segunda etapa es la *asociativa*, en la que se dejan de utilizar métodos generales para la solución de problemas y se comienzan a utilizar métodos específicos. Esto mejora dramáticamente el rendimiento de la habilidad, de modo que ya no es necesario repasar verbalmente las instrucciones, sino que se reconoce la aplicabilidad de alguna regla. En esta etapa, se deben encontrar las formas de solución a problemas específicos por medio de asociaciones. Un dato importante en la adquisición de habilidades fue el obtenido en un estudio realizado por Hayes (1995). En él, se analizaron genios en diferentes áreas,

---

<sup>92</sup> *Ibid.*, 333.

<sup>93</sup> *Idem.*

<sup>94</sup> *Ibid.*, 334.

<sup>95</sup> *Idem.*

<sup>96</sup> *Ibid.*, 336-337.

## CAPÍTULO SEGUNDO

revelándose que ninguno produjo alguna obra genial sino hasta después de 10 años de trabajo en su particular campo de trabajo. Este resultado nos hace pensar que para dominar un conocimiento es necesario mucho tiempo<sup>97</sup>, lo que contradice la sabiduría popular acerca de este tipo de personas. Otro estudio, realizado por Ericsson (1994), señala que la genialidad de Wolfgang Amadeus Mozart fue producto en mayor medida de la educación que recibió por parte de su padre y no de talentos innatos como se cree. Ahora bien, en un estudio más del mismo Ericsson y de Krampe, en el que estos autores analizaron a violinistas de la Academia de Música de Berlín Occidental, se encontró que un mejor desempeño se relacionaba directamente con el número de horas de ensayo, pero que también se relacionaba con el estudio de alta calidad, es decir, que los ensayos se realizaban cuando los violinistas estaban más descansados. De esta información, se pudo concluir que las horas de práctica son condición necesaria, pero no suficiente, para el desarrollo de una capacidad excepcional.

La tercera y última etapa en la adquisición de habilidades es la *etapa autónoma*. Como su nombre lo indica, se refiere a la etapa en la cual la habilidad se ha automatizado de tal manera que se puede realizar sin necesidad del componente de atención inicial y hasta es posible seguir contemporáneamente con otras actividades, como podemos observar en la acción del manejo de un vehículo en la que, una vez que la tarea es aprendida, el conductor hasta puede mantener una conversación con sus acompañantes<sup>98</sup>. Existen dos condiciones para decir que una habilidad se ha automatizado: la tarea se puede realizar sin la participación del sistema cognitivo, lo que permite que se puedan, contemporáneamente, hacer o alcanzar otras metas cognitivas (cuando se está ejecutando una obra y al mismo tiempo estamos pensando en otra cosa), y se puede realizar, asimismo, con menos interrupciones. Estas características demuestran que el aprendizaje de habilidades trabaja como un *programa motor* que requiere cada vez menor atención pero que es más difícil de interrumpir<sup>99</sup>. «Un *programa motor* es una secuencia de acciones preparadas con

---

<sup>97</sup> *Ibid.*, 348.

<sup>98</sup> *Idem.*

<sup>99</sup> *Ibid.*, 350.

anterioridad»<sup>100</sup>. Según la literatura científica, existen dos tipos de desempeño motor: el desempeño de *circuito cerrado* y el de *circuito abierto*. El primero, requiere de retroalimentación de una acción antes de realizar la siguiente, en cambio, el segundo, una vez que es activado, continúa sin interrupción ejecutando una serie de acciones sin comprobar que las acciones anteriores hayan logrado su cometido. Los programas motores, entonces, están compuestos por segmentos de circuito abierto que a su vez se encuentran englobados y regulados por un circuito cerrado, en donde la corteza cerebral emite instrucciones de circuito abierto, y a nivel de la médula espinal se supervisa la ejecución (circuito cerrado). La evidencia científica de la existencia de programas motores de circuito abierto en la corteza fue dada por Schmidt (1988), en la que plantea tres argumentos: *a*) el tiempo que tarda en llegar la información percibida del ambiente, se registre por la corteza y se emprenda una reacción apropiada es de 200 mseg. (estimación del tiempo de reacción simple más corto) mientras que las acciones que se pueden ejecutar son mucho más rápidas (por ejemplo, un pianista profesional es capaz de ejecutar hasta 16 movimientos de los dedos por segundo); *b*) los movimientos se encuentran planeados con anticipación, de modo que si se incrementa la complejidad del movimiento se necesita más tiempo para iniciarlo, y *c*) los resultados obtenidos en los estudios de desaferenciación (eliminación de la entrada sensorial al cortar las raíces dorsales de la médula espinal) demuestran que es posible realizar movimientos especializados aún sin recibir retroalimentación sensorial. Se ha comprobado que una vez que las instrucciones del programa motor se envían a los músculos (efectores) la respuesta no puede detenerse. El aprendizaje de una habilidad motora no sólo es el aprender un conjunto específico de acciones motoras, sino que implica, además, el estar aprendiendo un programa motor general que puede ser ejecutado por muchos efectores. El aprendizaje de programas motores se logra a través del concatenamiento de unidades pequeñas de comportamiento, comenzando con acciones individuales que, con el paso del tiempo, se van uniendo hasta formar un comportamiento general. Para refinar este comportamiento, es necesario, según Schmidt, tener una *teoría de los esquemas*. Esta teoría de los esquemas sostiene que un aprendiz realiza dos

---

<sup>100</sup> *Idem.*

## CAPÍTULO SEGUNDO

representaciones de la habilidad a desarrollar: una, la *memoria de recuerdo*, que es el programa motor en sí (secuencia preempacada de acciones), la otra, llamada *memoria de reconocimiento*, que se refiere a la representación del resultado deseado «en función de la retroalimentación producida por la respuesta y las consecuencias sensoriales externas»<sup>101</sup>.

Las investigaciones muestran que quienes aprenden a cantar o a tocar algún instrumento optimizan la comunicación inter-hemisférica: esto produce un impacto considerable en la agudeza mental, a diferencia de lo que sucede en el individuo medio<sup>102</sup>. Ejecutar algún instrumento no sólo produce una especialización motriz del individuo, sino que ayuda en el aprendizaje de otras áreas. El cerebro de un músico está constantemente evaluando y controlando muchas variables simultáneamente: “el tempo, las notas, el ritmo, el fraseo, y el sentimiento”<sup>103</sup>, de manera que es un cerebro entrenado para organizar y dirigir numerosas actividades a la vez.

La memoria y la atención se encuentran estrechamente ligadas ya que ambas están coordinadas por el lóbulo frontal, donde se aloja la función ejecutiva del cerebro<sup>104</sup>. Algunas investigaciones acerca de la pérdida de memoria en la vejez apuntan a que ésta no se debe a la pérdida en el número de neuronas, sino a que el prosencéfalo basal, encargado de proporcionar acetilcolina al hipocampo, sufre en la vejez y, sin acetilcolina, la plasticidad sináptica se anquilosa.

---

<sup>101</sup> *Ibid.*, 357.

<sup>102</sup> Cfr. J.J. RATEY, *op.cit.*, 257.

<sup>103</sup> *Ibid.*, 258.

<sup>104</sup> *Idem.*

### 3.

#### Memoria musical

##### 3.1. *Plasticidad cerebral*

Existe un fenómeno por el cual somos capaces de aprender, re-aprender, memorizar y re-memorizar llamado plasticidad cerebral, el que nos permite modificar nuestra conducta y adaptarnos a las nuevas demandas de un contexto específico<sup>105</sup>. Nuestro cerebro es una estructura celular dinámica en constante actividad, desde el comienzo de su formación, a partir del día 18 de gestación, hasta el día de nuestra muerte. El fenómeno de la *plasticidad cerebral* es la base del aprendizaje y la memoria, ya que, gracias a ella, es posible la adaptación al medio ambiente; consiste en que ante la incapacidad de reproducción de las neuronas<sup>106</sup> (exceptuando las células progenitoras del giro dentado del hipocampo y del

---

<sup>105</sup> E.A. BUTCHER (et al), *Plasticidad cerebral*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 12.

<sup>106</sup> El científico español y Premio Nobel, Santiago Ramón y Cajal, a principios de 1900, afirmó que las neuronas no eran capaces de reproducirse y, por tanto, una vez que morían no se podían sustituir por otras nuevas.

lóbulo olfativo, sede de la memoria de esta modalidad), éstas poseen una extraordinaria capacidad de crecer y hacer conexiones con otras, de manera que son capaces de crear redes de comunicación entre ellas, originándose, así, cambios neuroquímicos y neuroanatómicos. Otros términos sinónimos utilizados para éste fenómeno son los de *plasticidad sináptica* o de *renovación sináptica*. Bach y Rita (1994), define a la plasticidad neuronal como la capacidad de adaptación y modificación de la propia organización estructural del sistema nervioso central. Brailowsky (1993), por otra parte, refiere que la plasticidad provoca un cambio de larga duración de la sensibilidad sináptica resultante de las modificaciones de su actividad<sup>107</sup>. Este proceso de plasticidad presenta varias etapas:

- 1) desconexión sináptica;
- 2) desencadenamiento del crecimiento de los axones;
- 3) establecimiento de nuevas conexiones;
- 4) maduración de las nuevas sinapsis<sup>108</sup>.

Este fenómeno de plasticidad cerebral nos permite adaptarnos a nuestro entorno: a un medio ambiente cambiante se antepone una estructura celular dinámica. Según lo refiere Kandel en su libro *En busca de la memoria*, citado anteriormente, los mecanismos celulares del aprendizaje y la memoria no se basan en propiedades especiales de la neurona, sino en las conexiones que ella establece con otras células de su propio circuito neuronal. La formación y elaboración de memoria, involucra procesos de síntesis de proteínas que guían cambios físicos en las estructuras sinápticas, y la creación y modificación de conexiones a lo largo de las redes neuronales<sup>109</sup>. La plasticidad neuronal, ha sido observada tanto a nivel macroscópico como microscópico, con los correspondientes cambios de conducta observados, tanto en la memoria declarativa como en la memoria procedural, incluyendo las habilidades motoras (Walker & Stickgold, 2004).

El glutamato es el neurotransmisor excitador principal del sistema nervioso central, actuando a través de dos tipos de receptores: los receptores ionotrópicos y los

---

<sup>107</sup> P. BACH Y RITA, *Potencial biológicos de los tejido cerebrales en restaurar su función*, en R.F. Aguilar (compilación de), *Avances en la restauración del sistema nervioso*, Vicora Editores, Madison 1994, 45-60.

<sup>108</sup> *Idem*.

<sup>109</sup> R. A. DUKE – C. M. DAVIS, *Procedural Memory Consolidation in the Performance of Brief Keyboard Sequences*, *Journal of Research in Music Education*, Verano 2006, Vol. 54, núm. 2, 111-124.

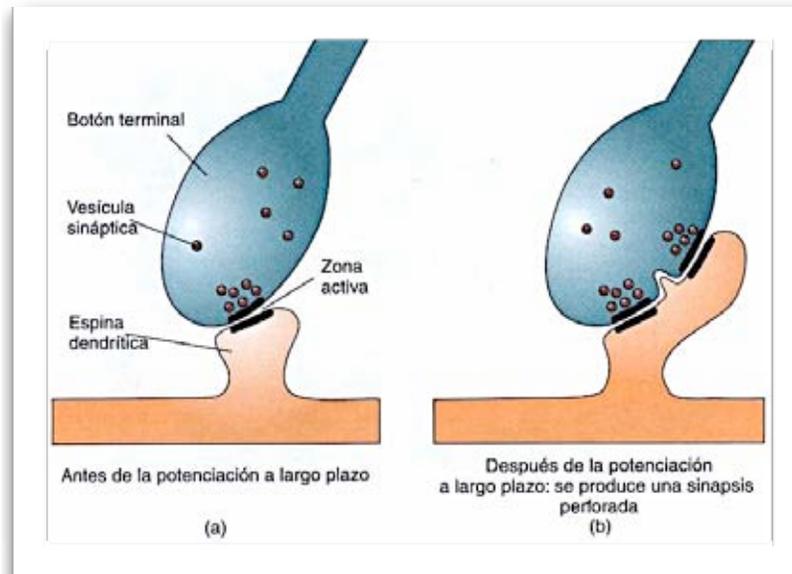
metabotrópicos. Los receptores ionotrópicos son asociaciones de proteínas que forman canales iónicos a través de la membrana, dejando pasar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  o  $\text{Ca}^{++}$  al medio interno de la neurona provocando, así, su despolarización. Los receptores ionotrópicos para el glutamato se clasifican según su comportamiento farmacológico en: receptores AMPA (ácido-amino-3-hidroxi-5-metil-4-isoxazolpropiónico), NMDA (N-metil-D-aspartato), kainato (ácido-2-carboxi-3-carboximetil-4-isopropenilpirrolidina), y quisqualato (ácido - amino-3, 5-dioxo-1, 2, 4-oxadiazolidina-2-propanoico). Dos de estos receptores son de nuestro interés, ya que se encuentran relacionados con el aprendizaje y la memoria. Los receptores NMDA poseen la propiedad de sólo dar su respuesta máxima bajo dos condiciones simultáneas: que el glutamato se una a este receptor y, al mismo tiempo, que la neurona postsináptica ya esté parcialmente despolarizada<sup>110</sup>. Por su parte, los receptores AMPA permiten el paso de iones  $\text{Na}^+$  produciendo una despolarización parcial, que hace a la neurona postsináptica más sensible a nuevos estímulos nerviosos. Pero, ¿por qué son importantes para el aprendizaje y la memoria? El fenómeno conocido como *potenciación a largo plazo*, base del proceso de consolidación, se refiere al «aumento a largo plazo de la excitabilidad de una neurona ante una aferencia sináptica determinada, debido a la recurrente actividad de alta frecuencia de dicha aferencia»<sup>111</sup>. Los cambios que ocurren en las sinapsis de receptores de NMDA, en asociación a la potenciación a largo plazo, provocan «un aumento de la cantidad y el tamaño de las sinapsis, de la cantidad y tamaño de las espinas dendríticas y de la cantidad de los receptores NMDA postsinápticos»<sup>112</sup>.

---

<sup>110</sup> Cfr. J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson Educación, Madrid 2007, 317.

<sup>111</sup> N.R. CARLSON, *Fisiología de la conducta*, Pearson Educación, Madrid 2006, 459.

<sup>112</sup> J.P.J. PINEL, *op.cit.*, 317.



**Figura 1**

Cambios que posiblemente produce la potenciación a largo plazo en la estructura de la sinapsis sobre las espinas dendríticas (a) antes de la potenciación a largo plazo (b) después de la potenciación a largo plazo. La espina dendrítica desarrolla una protuberancia similar a un dedo que presiona el botón terminal, dividiendo la zona activa en dos partes. Cada zona activa se desarrolla y en la membrana pre-sináptica del botón terminal se insertan más mecanismos necesarios para la liberación del neurotransmisor (Modificado de Hosokawa, T. Rusakov, D.A., Bliss, T.V.P. y Fine, A., 1995) [Carlson 2006, 469]

Estos cambios estructurales y químicos que ocurren en las neuronas, y que rinden la eficacia permanente necesaria de transmisión sináptica, son la base molecular de la memoria y el aprendizaje.

### 3.2. Investigaciones relacionadas con la actividad musical

En general, los estudios especializados en memoria musical, se han concentrado sobre todo en aspectos tales como la escucha musical y en la adquisición de repertorio realizada a través de partituras. Dentro del campo de la adquisición de repertorio, Grace Rubin-Rabson ha sido la investigadora más citada, quien realizó, desde 1937, experimentos relacionados con la memorización de pequeñas obras en pianistas<sup>113</sup>. Podemos citar otros estudios más recientes, relacionados con estrategias cognitivas utilizadas para el aprendizaje musical,

<sup>113</sup> G. RUBIN-RABSON, *The influence of analytical pre-study in memorizing piano music*, «Archives of Psychology(Columbia University)», 1937, núm. 220, 3-53.

como son los de Chaffin & Imreh, 1997, 2002; Ginsborg, 2002; y Williamon & Valentine, 2002. Actualmente, son pocas las investigaciones existentes que abordan cuestiones de aprendizaje de nuevas habilidades musicales.

Las reflexiones de Bob Snyder, parecen pertenecer a nuestro primer grupo de estudios (escucha o audición musical). Estimulado por las conferencias de Robin Maconie, sobre las obras de Karlheinz Stockhausen, Snyder ha elaborado un modelo simplificado del funcionamiento de la memoria, para explicar como «las habilidades del sistema nervioso, se ponen en relación con complejas estructuras musicales»<sup>114</sup>. Este modelo se basa sobre tres niveles progresivos de memorización: 1) memoria ecoica (*echoic memory*); 2) memoria a corto plazo; y 3) memoria a largo plazo. A estos tres niveles les corresponden tres diferentes grados de organización y de reconocimiento de datos musicales percibidos. A nivel de la memoria ecoica, tiene lugar aquello que Snyder, define como una primera elaboración (*early processing*), que sirve para extraer las características básicas de los elementos musicales (*features extraction*), como por ejemplo la asociación de una nota con su altura y su timbre (cada una de estas características es reconocida por neuronas especializadas<sup>115</sup>). En el nivel de la memoria a corto plazo, la memoria almacena estructuras finitas rítmicas y melódicas, mientras que en el nivel de largo plazo, se memorizan características capaces de reconducir a una forma musical.

En el modelo de Snyder, el tipo de evento y su correspondiente nivel de memoria se relacionan a través de la dimensión del tiempo: más alto es el grado de organización de los datos adquiridos, menor es el número de eventos por unidad de tiempo. Mientras que a nivel de la primera elaboración, los eventos pueden durar de 1/16,384 a 1/32 segundos; a nivel de reconocimiento melódico y rítmico (memoria a corto plazo) se pueden encontrar eventos que duran de 1/16 hasta 8 segundos; y a nivel de la forma (memoria a largo plazo) los eventos pueden durar de 16 segundos hasta 1 hora 8 minutos y 16 segundos<sup>116</sup>. Los eventos organizados por la memoria musical en grupos (*grouping*), a nivel de extracciones de características (primera elaboración), son difícilmente traducibles a través de un lenguaje

---

<sup>114</sup> B. SNYDER, *Music and Memory. An Introduction*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (MA) 2002, *xiii*.

<sup>115</sup> *Ibid.*, 20.

<sup>116</sup> *Ibid.*, 11-12.

verbal, ya que son constituidas por *imágenes* que provocan habituación, es decir «el descenso de la respuesta a un estímulo moderado repetitivo»<sup>117</sup>. En lo que se relaciona a la memorización de segmentos melódico-rítmicos, es necesario meter en evidencia, cómo el reconocimiento y la fusión de los eventos suceden siguiendo procedimientos específicos. Teniendo en cuenta que en condiciones de laboratorio, una persona normal puede llegar a distinguir al menos 1400 frecuencias diferentes<sup>118</sup>, Snyder subraya, que por ejemplo, dentro del proceso de fusión de los datos relacionados con la melodía (que «opera a través de movimientos sucesivos “ascendentes y descendentes”»<sup>119</sup>), los eventos reconocidos en orden a sus alturas (*pitch discrimination*), presuponen métodos de clasificación diversos entre el grado conjunto, el intervalo y el salto de octava<sup>120</sup>. Existen además tres valores temporales que asocian el evento musical a los mecanismos de percepción: 1) la ventana de simultaneidad (*window of simultaneity*) o umbral de intervalo de tiempo que el sistema requiere para reconocer si dos eventos son o no contemporáneos<sup>121</sup>; 2) el umbral de orden (*threshold of order*), es decir, el tiempo que se necesita para distinguir cuál de los dos eventos es el primero<sup>122</sup>; y 3) el umbral de fusión de altura (*pitch fusion threshold*), que es el tiempo necesario para considerar como continuos dos eventos<sup>123</sup>. Snyder, ilustra varios tipos de reagrupamiento que tienen lugar en los tres tipos de memoria<sup>124</sup>, como por ejemplo el *principio de continuidad*, que permite reagrupar eventos dotados de características similares (mismo ritmo, misma dirección melódica, etc.). Para reconocer eventos separados de más de 3-5 segundos, es necesario conectarlos con los diferentes tipos de memoria a

---

<sup>117</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson Prentice Hall, Madrid 1997, 703.

<sup>118</sup> S. HANDEL, *Listening: An Introduction to the Perception of Auditory Events*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (MA) 1989, 268.

<sup>119</sup> B. SNYDER, *op. cit.*, 129.

<sup>120</sup> *Ibid.*, 124-132.

<sup>121</sup> En la audición este intervalo de tiempo debe de ser mayor a dos milisegundos, aunque este valor varía de persona a persona y con la edad, mientras que en el sistema visual serán percibidos como simultáneos cuando se encuentran separados de menos de 20 milisegundos. Este valor no es aceptado por todos los investigadores: cfr. E. POPPEL, *Mindworks: Time and Conscious Experiences*, Harcourt Brace Janovich, Boston 1988; I.J. HIRSH – C.E. SHERRIK, *Perceived Order in Different Sense Modalities*, «Journal of Experimental Psychology», 1961, vol. 62, núm. 5.

<sup>122</sup> 25 milisegundos para la audición.

<sup>123</sup> 50 milisegundos para la audición.

<sup>124</sup> B. SNYDER, *op. cit.*, 31-45.

largo plazo (memoria explícita, implícita, episódica y semántica)<sup>125</sup>. Las fases de memorización de los eventos consecutivos al reagrupamiento, vienen definidas por Snyder como: *categorizaciones* (por ejemplo, para reconocer a través de la memoria implícita los matices o *nuances* de una ejecución<sup>126</sup>), *esquemas*, que son los marcos al interno de los cuales, el individuo representa “una pieza de música”<sup>127</sup> (aquello que recordamos de una composición) y *metáforas*, que son el resultado de la «relación entre dos estructuras de la memoria» (confrontando aquello que Snyder define como experiencias físicas recurrentes, de manera particular a experiencias del propio cuerpo<sup>128</sup>).

Los métodos de aprendizaje y de recuperación de la información almacenada durante el periodo de estudio o ensayo (*practice*) de una obra musical, han sido también objeto de estudio, teniendo a los ejecutantes como protagonistas. Tal es el caso de la investigación de Robert Chaffrin y Gabriela Imreh<sup>129</sup>. Esta última, pianista concertista, se grabó en video durante todo el periodo en el que estuvo preparando el último movimiento (*Presto*) del *Concerto italiano* de Johann Sebastian Bach. Mientras estudiaba cómo resolver los varios problemas de memorización, hablaba en voz alta, haciendo una serie de consideraciones, que serían confrontadas en un periodo sucesivo al del aprendizaje. Después de cerca dos años, la pianista estuvo en grado de escribir de memoria, la primera página de la partitura de la obra de Bach estudiada. Esto, con la idea de entender, cómo es que el proceso de memorización había realmente ocurrido, y cuál había sido el mecanismo utilizado para recordar los eventos sonoros a realizar durante la ejecución. Este trabajo metió en evidencia, cómo los pianistas (y todos los músicos), recurren a esquemas mentales de tipo visual para el recuerdo de los datos memorizados. Los ejecutantes profesionales sabemos, que para memorizar una partitura es necesario seccionarla en partes. En la mayoría de los casos, estas partes o secciones se encuentran relacionadas con el discurso de la forma musical. La obra de Bach escogida para esa investigación, se prestaba mucho para

---

<sup>125</sup> *Ibid.*, 69-79.

<sup>126</sup> *Ibid.*, 87.

<sup>127</sup> *Ibid.*, 100.

<sup>128</sup> *Ibid.*, 108.

<sup>129</sup> R. CHAFFIN – G. IMREH, “*Pulling Teeth and Torture*”. *Musical Memory and Problem Solving*, «Thinking and Reasoning», 1997, n. 3, vol. 4, 315-336.

la simplificación, ya que es una forma *rondó* que re-propone el ritornello (mismo material musical) a diversas distancias dentro del discurso. El inicio de cada una de estas secciones yo las he llamado “marcadores”. Algunos pasajes llamados “difíciles” o que presentan una dificultad técnica-ejecutiva especial, prescindiendo del esquema formal de la obra, se convierten también en “marcadores”, que ayudan también a la formación de los esquemas de memorización. Entonces, según Gabriela Imreh, las diferentes imágenes mentales de las “secciones” de la obra, iban apareciendo con el mismo orden que la partitura llevaba. Esto podría parecer obvio, sin embargo la cuestión interesante es que, la parte inicial de cada sección es la que mejor se recuerda y no la parte final, dicho de otra manera, lo que va recordando con mayor intensidad son los “marcadores” (relacionado con el efecto de primacía o “*primacy*”). Debemos recordar que la ejecución musical de memoria, según diversos autores, es una práctica relativamente reciente en la historia de la música occidental, dado que se comenzó a utilizar en la segunda mitad del s. XIX. Haber escogido el último tiempo *Concerto italiano* no fue casual, ya que se trata de una composición que no presenta momentos de pausa, y por tanto no permite paradas para la reflexión. Además, como muchas composiciones del periodo Barroco, se basa sobre una repetición sistemática de algunos modelos melódico-rítmicos que pueden recordarse con facilidad.

La decisión de adoptar cada vez las mejores digitaciones (*fingerings*), resultó ser también un elemento significativo para la consolidación del recuerdo y la recuperación de las múltiples secciones. Los límites, que a mi parecer presentó la investigación anterior, fueron que: el estudio se realizó solamente con un sujeto de investigación, ejecutando solo una obra perteneciente a un periodo específico, y excluyendo a todos los demás tipos de ejecutantes musicales (violinistas, trompetistas, percusionistas, flautistas, etc.).

### 3.3. *Consolidación de la memoria procedural musical*

En la actividad musical, la memoria es un componente central, no solo como recuerdo de un repertorio, sino como memorización de secuencias muy precisas involucradas en el acto ejecutivo. La formación de nuevas memorias incluye la integración de nuevas experiencias dentro de la ya existente organización de la mente. Durante la fase inicial en la adquisición

de habilidades, se notan rápidas mejorías en la ejecución, y se puede observar cómo la memoria sufre un proceso de codificación guiado hacia el almacenamiento en la memoria a largo plazo<sup>130</sup>.

Una significativa cantidad de investigaciones se ha centrado sobre la consolidación de la memoria, que al fin y al cabo, es el proceso fundamental en el aprendizaje de nuevas habilidades musicales. La consolidación de la memoria, es el proceso de los cambios físico-químicos que ocurren mientras se va siguiendo un aprendizaje. Esta, involucra no solo la reorganización de las conexiones neuronales de nuevas memorias, sino al traslado de las estructuras de la memoria en el cerebro (Muellbacher et al., 2002<sup>131</sup>; Walker, 2005<sup>132</sup>).

Algunos estudios muestran, que el sueño juega un importantísimo papel en la consolidación de la memoria. Se ha demostrado, que la memoria incrementa su resistencia a interferencias de estímulos similares, o que compiten, cuando una tarea se practica hasta por seis horas. La consolidación de las memorias, también ocurre durante el sueño, cuando el recuerdo de las experiencias obtenidas durante el día, son reorganizadas y, en algunos casos resueltas. La noche siguiente a la práctica inicial, constituye un elemento muy importante, sobre todo para el establecimiento de memoria procedural, según lo describe el estudio de Stickgold, James, et al., (2000). Las mejoras en la ejecución de habilidades motoras son directamente proporcionales al tiempo de sueño no REM (Huber, Ghilardi, Massimini, & Tononi, 2004; Walker et al., 2002).

Por su parte, Walker, Brakefield, Hobson, et al., han mostrado que, en algunas instancias, el simple recuerdo de una memoria previamente consolidada, puede regresarla a un estado de inestabilidad, por lo tanto, la rende susceptible de interferencia, requiriendo de una fase posterior de re-consolidación. También se ha demostrado que, cuando dos habilidades similares son aprendidas en una proximidad temporal cercana, el aprendizaje de la segunda habilidad puede interrumpir la consolidación de la primera, y por tanto puede inhibir la mejoría ejecutiva, especialmente cuando después de realizar la segunda, le sigue

---

<sup>130</sup> R. A. DUKE – C. M. DAVIS, *op. cit.*

<sup>131</sup> W. MUELLBACHER – J. O'SHEA – Y. ROSSETTI, *Early consolidation in human primary motor cortex*, «Nature», 2002, Vol. 415, 640-644.

<sup>132</sup> M. P. WALKER – R. STICKGOLD – D. ALSOP – N. GAAB – G. SCHLAUG, *Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain*, «Neuroscience», 2005, 133(4), 911-917.

una noche de sueño, (Brashers-Krug et al., 1996; Walker, Brakefield, Hobson, et al., 2003), resultado que tiene enormes implicaciones en el aprendizaje de habilidades musicales.

Hauptmann et al., (2002)<sup>133</sup>, expusieron en uno de sus estudios que, no obstante el objetivo de la práctica es perfeccionar una tarea (*task*), no queda claro aún, cuanta práctica es necesaria para obtener avances duraderos en la ejecución de la misma. A través de un experimento basado en la numeración de letras, trataron de demostrar, cómo una experiencia dependiente de la ejecución, podría llegar a ser estable. Los autores metieron en evidencia también que una vez que el proceso de consolidación se ha iniciado, éste puede proseguir aún sin una práctica ulterior, y que el inicio del proceso de consolidación, se encuentra relacionado con el “*priming*” que es la repetición de los efectos de la información parcial visual o auditiva sugerente de algo más amplio, definición que ya se había mencionado en el capítulo anterior.

Por otra parte Cristina M. Alberini<sup>134</sup>, realizó una investigación con miras a esclarecer la aparente controversia entre el papel de las fases de síntesis protéicas en el proceso de consolidación y en el de reconsolidación de la memoria. La consolidación de nuevas memorias se produce a través de una fase crucial de síntesis de proteínas, sin embargo existe otro mecanismo encargado de su mantenimiento, que parece requerir de síntesis protéicas diversas a las primeras. Sin embargo, aún no queda clara la naturaleza de las modificaciones que ocurren en la memoria con el paso del tiempo, pues parece ser que las memorias van cambiando gradualmente sus trazos o ubicaciones dentro de la anatomía del cerebro.

Otros estudios recientes han demostrado, cómo la velocidad y la precisión de una nueva habilidad motora se incrementan gracias al sueño, dentro del proceso de *consolidación*. Tal proceso de aprendizaje *sui generis*, (en ausencia de práctica) había sido ya observado, a través de las experiencias realizadas por ejecutantes no expertos, a quienes se les habían asignado tareas relativamente simples. El estudio de Simmons y Duke, en cambio, fue

---

<sup>133</sup> B. HAUPTMANN – A. KARNI, *From primed to learn: the saturation of the repetition priming and the induction of long term memory*, «Cognitive Brain Research», 2002, n. 73, vol. 3, 312-322.

<sup>134</sup> C.M. ALBERINI, *Mechanism of memory stabilization: are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes?*, «Trends in Neurosciences», 2005, n. 1, vol. 28, 51-56.

### CAPÍTULO TERCERO

efectuado con 75 ejecutantes expertos (no pianistas) a quienes se les pidió memorizar una melodía al piano de doce notas, expresamente compuesta para el estudio. Algunos de los sujetos de investigación, debían ejecutarla sin haber dormido, es decir después de periodos de 12 o 24 horas de vigilia, mientras que otros, debían hacerlo después de los mismos periodos de tiempo pero con un periodo normal de sueño. Efectivamente, se encontraron mejoras significativas en cuanto a la la precisión en ambos grupos, pero no en lo que respecta a la velocidad. Con lo anterior, fue posible afirmar la importancia que tiene el sueño en en proceso de consolidación de habilidades musicales<sup>135</sup>.

---

<sup>135</sup> A.L. SIMMONS – R.A. DUKE, *Effect of Sleep on a Performance of a Keyboard Melody*, «Journal of Research in Music Education», 2006, n. 54, vol. 3, 257-269.

## 4.

### Diseño de investigación, material y método

#### 4.1. *Justificación*

Por lo general, en los estudios sobre educación musical no se incluyen referencias de las investigaciones realizadas en las ciencias del comportamiento, es decir, no se encuentran relacionados adecuadamente con los conocimientos científicos. En el momento actual, creo que es indudable que los avances científicos aportan una valiosísima información acerca de quiénes somos, cómo aprendemos y cómo nos relacionamos, misma que debe ser usada para el diseño más apropiado en la metodología para la educación musical. El estudio que se presenta, pionero en su tipo, tratará de mostrar la importancia de este conocimiento científico relacionado con el aprendizaje y la adquisición de habilidades musicales.

No habiendo encontrado en la literatura científica estudios específicos relacionados con poblaciones de músicos comparados entre sí (en general se comparan grupos de músicos con no músicos<sup>136</sup>), diferencias de género en la adquisición de memoria procedural musical,

---

<sup>136</sup> Cfr. C. GASER – G. SCHLAUG, *Brain structures differ between musicians and non-musicians*, «Journal of Neurosciences», n. 23, 2003, 9240-9245.

e influencia de ejercicio aeróbico moderado realizado previamente a la praxis musical, que marquen los confines de los beneficios que se pueden obtener de este último, la presente investigación se propone observar y analizar, bajo los aspectos anteriores, el comportamiento de la muestra, durante una simple fase de aprendizaje motor musical.

La práctica docente en el campo de la enseñanza de un instrumento musical nos dice que para alcanzar el dominio en la ejecución son necesarias innumerables horas de estudio; como también lo señala la investigación científica, que descarta en buena medida el talento personal, asegurando que para adquirir cierta maestría en cualquier campo del saber humano son necesarias unas 10,000 horas de práctica, el equivalente a tres horas diarias o veinte horas semanales por, al menos, 10 años<sup>137</sup>. No obstante, puede uno preguntarse, ¿por qué descartar el talento? Debemos considerar que cuando se habla de talento siempre se hace de manera retrospectiva, esto es, que afirmamos que alguien es talentoso porque vemos un trabajo realizado, es decir, que vemos el resultado sin tomar en cuenta el tiempo de entrenamiento que hubo detrás de éste, lo que puede echar abajo, como se presume en algunos estudios, el gran talento innato que se le atribuye a Wolfgang Amadeus Mozart, puesto que no se toma en cuenta el gran esfuerzo del padre de éste por conseguir hacer brillar a su hijo. Cuando se habla, entonces, de tener “talento”<sup>138</sup>, de ser “inteligente” o de “estar dotado” tal vez se deba hacer con más cautela, pues, como lo expresó H. Gardner (1983), «las vías neuronales que nos ayudan a destacar en las destrezas cognitivas son tan específicas [...]» que los conceptos anteriores se han puesto en tela de juicio<sup>139</sup> y el término “talento” se debería cambiar por “tener posibilidades”, puesto que, aún bajo la premisa de que un alumno “tiene posibilidades”, no es garantía alguna de que alcance el grado de experto, pues ha de recorrer innegablemente el camino del larguísimo entrenamiento. Sin embargo, no es que una vez acumuladas las “horas de vuelo” (10,000), cualquier persona se convierte automáticamente en experto; el problema de fondo es cómo ir acumulando ese

---

<sup>137</sup> D.J. LEVITIN, *This is your brain on music. The Science of a Human Obsession*, Plume Penguin, New York 2006, 197.

<sup>138</sup> El término “talento” originalmente indicaba una unidad monetaria utilizada en Medio Oriente y fue usada como metáfora en la conocida parábola (Mt 25,14-30) para indicar los *dones* que recibía el individuo gratuitamente y que debía hacer fructificar, según la tradición judeo-cristiana. Después de la aparición de ésta parábola, la palabra “talento” pasó a designar una riqueza no de tipo material, sino una facultad que se le da a los seres humanos independientemente de su propia voluntad y que marca las diferencias entre individuos.

<sup>139</sup> Cfr. H. GARDNER, *Frames of Mind*, Basic Books, New York 1983.

tiempo, es decir cómo ir construyendo un aprendizaje dirigido y de calidad. Ahora bien, como he podido observar a través de mi experiencia docente (y muchos colegas me darán la razón), presumo que existe un desperdicio de tiempo por parte del alumno en lo referente a su estudio personal, a causa del desconocimiento de técnicas de estudio específicas para el aprendizaje de la música, como se demuestra por los bajos resultados que éstos semanalmente muestran a sus profesores de instrumento, de canto, de solfeo, etc. La práctica musical requiere de un alto nivel de integración cerebral que necesita de la construcción de vías facilitadas por redes neurales que permitan su aprendizaje. Por otra parte, cabe mencionar que en las escuelas superiores de enseñanza musical en México no aparece ninguna asignatura especializada que indique a los estudiantes la manera según la cual deben estudiar (técnicas de estudio musicales), por lo que en general no existe una “conciencia” de los pasos a seguir y los objetivos a alcanzar. Dado que cada individuo es diferente y el aprendizaje musical exige una gran integración zonas cerebrales, los “tips” o consejos que los profesores proporcionan a sus alumnos, generalmente emanados de sus experiencias personales, o sólo de la experiencia docente, no bastan para el buen desarrollo del alumno, resultando al final que las “posibilidades” o el “talento” naturales de cada alumno se conviertan en su única guía en la resolución de sus propios problemas. La enseñanza musical, entonces, se basa – más allá de la buena voluntad del los profesores de música y de su valiosísima experiencia – sobre presupuestos no científicos. Este trabajo pretende mostrar que es posible el desarrollo de nuevas tareas motoras musicales en un tiempo mínimo, de tal manera que pueda ser utilizado como premisa para la integración de investigaciones científicas dentro del campo de la ejecución musical.

### *4.2. Planteamiento de la investigación*

#### 4.2.1. Objetivos generales

La investigación que se presenta, tiene por objeto, a partir de evidencia empírica, describir la curva de aprendizaje resultante de la adquisición de una nueva habilidad motora musical dentro de una población de estudiantes de música dividida en dos grupos: el primero, como grupo de control, y el segundo, como experimental; este último fue sometido a ejercicio

físico moderado para observar su influencia en el desarrollo de nuevas habilidades (memoria *procedural*) en el campo musical. Dadas las diferencias anatómico-fisiológicas a nivel cerebral entre sexos, como se desprende de recientes estudios<sup>140</sup>, es objeto de esta investigación reportar si se observan semejanzas o disimilitudes en la adquisición de una nueva tarea musical diseñada para este experimento. Por otra parte, se presume que un entrenamiento sistemático, definido y con objetivos concretos del aprendizaje motor, en este caso relacionado con habilidades musicales, ayudará a optimizar los tiempos en el aprendizaje y la eficiencia motriz, ya que el ejercicio físico, según se ha demostrado en varios estudios, contribuye a mejorar el aprendizaje<sup>141</sup>. Sin embargo, existe el riesgo de que este ejercicio físico, sobrepase el nivel óptimo de activación, de manera que en lugar de obtenerse un incremento en la eficiencia, se verifique un decaimiento o que, en ciertas condiciones, no tenga ningún efecto. El aprendizaje de la nueva habilidad motora que se pretende adquirir se realizará a partir de una partitura, entendiendo por ejecución musical «la transformación de un trazo gráfico (partitura) en una serie de acciones que tienen como objetivo final la producción de una secuencia sonora (a través de uno o más instrumentos y/ o una o más voces)»<sup>142</sup>.

Resumiendo: analizar el proceso en la adquisición de una nueva habilidad motora musical (memoria procedural musical) en una población de estudiantes de carreras musicales.

#### 4.2.2. Objetivos específicos

- Revisar las definiciones y modelos referentes al aprendizaje y a la memoria.
- Analizar la curva de aprendizaje derivada de la adquisición de la nueva habilidad motora musical.
- Determinar si existen diferencias de comportamiento en la realización de la tarea motora musical entre el grupo del género femenino y el grupo masculino.

---

<sup>140</sup> Cfr. F.J. RUBIA, *El sexo del cerebro. La diferencia fundamental entre hombres y mujeres*, Temas de Hoy, Madrid 2007.

<sup>141</sup> Cfr. p.e., F. UREÑA (compilación de), *La educación física en secundaria. Elaboración de materiales curriculares. Fundamentación teórica*, INDE, Barcelona 1997, 110.

<sup>142</sup> Cfr. F. DEL SORDO, *Utile dulci. Prime nozioni sull'oggetto musicale*, Philos, Roma 2002, 84-97.

- Determinar las implicaciones en el aprendizaje de la realización de un conjunto de ejercicios aeróbicos moderados previos a la ejecución de la tarea motora musical entre los grupos de control y experimental.

#### 4.2.3. Hipótesis

El aprendizaje de una nueva habilidad motora musical se verifica como directamente proporcional a las repeticiones de la tarea asignada. En relación a los objetivos específicos, las hipótesis de la investigación que se proponen son: 1) la curva de aprendizaje puede evidenciar desniveles significativos en la calidad de las ejecuciones entre sexos; 2) un ejercicio físico moderado, realizado inmediatamente anterior a la práctica, puede reportar alguna incidencia sobre la curva de aprendizaje.

#### 4.2.4. Preguntas de la investigación y delimitación del campo de estudio

- ¿Cuál es el comportamiento de la curva de aprendizaje para la población a estudio?
- ¿Existen diferencias significativas en los resultados referentes a la ejecución de la tarea motora musical aplicada entre mujeres y hombres de la población a estudio?
- ¿Proporciona alguna implicación en el aprendizaje la realización del conjunto de ejercicios aeróbicos moderados previstos previos a la ejecución de la tarea motora musical?
- Dentro de los modelos de aprendizaje y memoria, ¿a qué tipo se ajusta el caso a estudio?

Renuncié al uso del concepto transcultural de música – que alargaría excesivamente mi campo de investigación – y he excluido toda forma de interpretación relacionada con la improvisación, el canto ritual colectivo y la actividad coreográfica de los repertorios folclóricos acompañados por cantos (ver apéndice 1), refiriéndome únicamente a lo que John Sloboda define como la *realización* de una composición preexistente que se sirve de uno de los «sistemas notacionales» en uso por la cultura occidental.<sup>143</sup> Esta es una premisa necesaria, ya que, uno de los parámetros para juzgar una ejecución en este ámbito cultural

---

<sup>143</sup> J. SLOBODA, *The Musical Mind. The Cognitive Psychology of Music*, Oxford University Press, Oxford 1985, 119-120.

consiste en la fidelidad del ejecutante a los signos con los cuales se encuentra codificada la obra, aunque reconociendo que la simple grafía musical está incompleta respecto a lo que realmente implica la actividad ejecutiva. Un problema que se desprende de los sistemas de notación de varias épocas, como la barroca, es que al signo musical escrito dentro del pentagrama viene integrada la actividad cooperativa del ejecutante que lo *completa*, ya que éste aplica una serie de convenciones formales más allá del signo en sí (realización de adornos, fraseo, articulación de las frases, respiraciones, arcadas, dinámicas, agógica, etc.)<sup>144</sup>. En el caso de la investigación que nos ocupa, la lectura de la partitura será solamente para fines instructivos, esto es, se excluirá todo tipo de interpretación por parte de los sujetos, pues en general la prueba se diseñó casi en su totalidad con valores isócronos (del gr. *isóchronos*, de igual duración).

#### 4.3. Utilidad metodológica

##### 4.3.1. Premisa

Tomando como punto de partida los resultados de algunos experimentos realizados en ratones<sup>145</sup> que relacionaban al ambiente vital con el incremento de nuevas neuronas hipocámpicas - en donde los ratones criados en ambientes enriquecidos presentaban un 60% más de neuronas respecto a aquellos criados en ambientes pobres, esto es, privados de ruedas giratorias, juguetes, ambientes cambiantes y de la misma presencia de otros ratones - al igual que de otros experimentos posteriores, se ha demostrado que el aumento en la producción de nuevas neuronas no depende solamente de la riqueza del ambiente (ambiente enriquecido) sino del aumento de ejercicio físico que estos ratones tienen gracias al medio donde son criados con respecto a aquel de los ratones del grupo de ambientes empobrecidos<sup>146</sup>. Esto sugiere la existencia de un principio base: el hipocampo se encuentra

---

<sup>144</sup> Ver para tal propósito, F. NEUMANN, *Performance Practises of the Seventeenth and Eighteenth Centuries*, Schirmer Books-McMillan Publishing Company, New York 1993.

<sup>145</sup> G. KEMPERMANN – F.H. GAGE, *New nerve cells for the adult brain*, «Scientific American», n. 282 (Mayo 1999), 48-53.

<sup>146</sup> J. FARMER – X. ZHAO – H. VAN PRAAG – K. WODKE – F.H. GAGE – B.R. CHRISTIE, *Effects of voluntary exercise on synaptic plasticity and gene expressions in the dentate gyrus of adult mal Sprague-Dawley rats in vivo*, «Neuroscience», n. 124 (2004), 71-79.

involucrado en los procesos de memoria<sup>147</sup>, como lo indica John Pinel<sup>148</sup>, y tal como se expuso en el capítulo sobre la morfología de la memoria. Por lo anterior, se infiere, entonces, que, al igual que en los ratones, en los seres humanos también se suceden cambios a nivel del hipocampo y de otras estructuras del encéfalo (éstas últimas descritas en el apéndice 2) cuando se aprende una nueva tarea de tipo procedimental. Numerosas contribuciones científicas también indican las ventajas del ejercicio en relación con el aumento de la capacidad mnémica<sup>149</sup> y, más en general, con la plasticidad neuronal<sup>150</sup>. Como lo señala el artículo de Carl W. Cotman<sup>151</sup>, el ejercicio promueve la vascularización cerebral, de manera que la neurogénesis mantiene la plasticidad cerebral a través de la influencia del BDNF (factor neurotrófico derivado del cerebro, o “Brain Derived Neurotrophic Factor”). El BDNF, perteneciente a la familia de las neurotrofinas, descubiertas por Rita Levi-Montalcini, premio Nobel de Medicina 1986, es un tipo de factor neurotrófico proteínico que promueve la supervivencia y la multiplicación de las neuronas y facilita la plasticidad sináptica, entre otras cosas. Se ha descubierto, por otro lado, que el ejercicio físico contribuye a un menor deterioro de las facultades mentales en la edad adulta, pudiéndose observar sus beneficios por la neurogénesis del hipocampo, según lo señala una investigación de Henriette van Praag (2009)<sup>152</sup>. Como dato adicional, en relación a la existencia de evidencia científica acerca de si los músicos poseen diferencias a nivel cerebral del resto de la población, se encontró que los músicos manifiestan un ejemplo de plasticidad cerebral, según los estudios de T.F. Münte *et al.*<sup>153</sup>, y que la excitabilidad de la

---

<sup>147</sup> Cfr. S.N. DUFFY (*et al.*), *Environmental enrichment modifies the PKA-dependence of hippocampal LTP and improves hippocampus-dependent memory*, «Learning and Memory», n. 8 (2001), 26-34.

<sup>148</sup> J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson, Madrid 2007, 250.

<sup>149</sup> Cfr. R. MASLEY – S. ROETZHEIM – T. GUALTIERI, *Aerobic Exercise Enhances Cognitive Flexibility*, «Journal of Clinic Psychology and Medicine Settings», n. 16, 2009, 186-193.

<sup>150</sup> S. BRINK, *Smart Moves-New Research Suggests That Folks From 8 to 80 Can Shape Up Their Brains With Aerobic Exercise*, «U.S. News and World Report», n. 15, Mayo 1995, 78-82.

<sup>151</sup> C.W. COTMAN – N.C. BERCHTOLD, *Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity*, «Trends in Neurosciences», n. 25 (2002), 295-301.

<sup>152</sup> H. VAN PRAAG, *Exercise and the brain: something to chew on*, «Trends in Neurosciences», n. 35 (5), Mayo 2009, 283-290.

<sup>153</sup> MÜNTE, T.F. – ALTENMULLER, E. – JANCKE, L., *The musician's brain as a model of neuroplasticity*, «National Review of Neurosciences», n.3, 2002, 473-478.

corteza motora es mucho mayor en ellos que en los que no son músicos profesionales, evidencia proveniente de las investigaciones de Rosenkranz<sup>154</sup>.

#### 4.3.2. Utilidad específica

Para la ejecución musical, es fundamental la construcción y la utilización de diversos tipos de memoria (descritas en el segundo capítulo): el aprendizaje musical tal vez es la tarea más especializada y compleja, ya que, en primer lugar, exige el manejo de un “lenguaje” especial que, a diferencia del lenguaje común, no transmite ideas ni conceptos concretos<sup>155</sup>, sino que sirve como código o instrucciones, como lo señalan las investigaciones de Lauren Stewart. Este investigador sugiere que la lectura de una partitura musical involucra la traslación automática sensorio-motora de un código espacial (grafía musical) a una serie de respuestas motoras<sup>156</sup>, esto es, la realización de una serie de movimientos sincrónicos sumamente especializados que se traducirán en sonidos. Este tipo de aprendizaje no sólo utilizará la memoria declarativa o explícita para la retención mnémica de conceptos a los que se puede recurrir en un determinado momento, o a la elaboración de un discurso lógico, como sucede con otras ramas del saber humano, sino también a la construcción de una memoria de habilidades, o procedimental, altamente especializada, donde ambas trabajan paralelamente. Los aprendizajes motores finos que requiere la ejecución musical involucran los circuitos neuronales del cerebelo de manera que, según lo indican T. A. Jones y sus colaboradores<sup>157</sup>, en este tipo de aprendizaje no sólo aumenta el número de conexiones sinápticas, sino que también se observa la participación de los astrocitos (ver apéndice 2) en los mecanismos de plasticidad, por el considerable aumento de los procesos relativos a las sinapsis que requieren de la participación de estas células especializadas.

---

<sup>154</sup> K. ROSENKRANZ – A. WILLIAMSON – J.C. ROTHWELL, *Motorcortical excitability and synaptic plasticity is enhanced in professional musicians*, «Journal of Neurosciences», n. 27, 2007, 5200-5206.

<sup>155</sup> Hablar acerca de la discusión sobre la música como lenguaje implica un estudio especial que no es competencia de este trabajo.

<sup>156</sup> L. STEWART, *Musicians constitute a model, par excellence, for studying the role of experience in sculpting brain processes. Do musicians have different brains?*, «Clinic Medicine», n. 8, 2008, 304-308.

<sup>157</sup> JONES, T.A. – GREENOUGH, W.T., *Behavioral experience-dependent plasticity of glial-neuronal interactions*, en *The tripartite synapse glia in synaptic transmission*, Oxford University Press, Oxford 2002, 248-265.

### 4.4. *Diseño de la investigación*

#### 4.4.1. Viabilidad de la investigación

La investigación no presentó en general problemas en cuanto a la viabilidad, ya que se dispuso de los recursos mínimos necesarios para su realización. Se contó con la gentil y voluntaria participación de veinticuatro personas muy dispuestas a la realización de las pruebas por lo que, mediante consentimiento expreso por escrito por parte de cada una, fue posible la utilización y análisis del material videograbado durante las pruebas, así como la toma de valores fisiológicos que más adelante detallaré.

#### 4.4.2. Variables y fases de la investigación

El experimento que he conducido, del cual mostraré los presupuestos, la metodología, el procedimiento y el modelo estadístico para la elaboración de datos y resultados, intenta verificar la eficacia de la repetición de la tarea programada a breve distancia, sobre la calidad de una ejecución musical medida con un sistema muy simple, consistente en el recuento de los errores cometidos por los sujetos de investigación durante el desempeño de la tarea motora musical prevista. Esta investigación utiliza un modelo longitudinal, por la mejoría en el desempeño que sería observado con el pasar de las sesiones.

Se considera un estudio de tipo correlacional explicativo, dadas las comparaciones de similitud y diferencia entre los dos grupos. Algunos tipos de variables incluidos son:

- 1) *variables independientes*: *a*) presión sanguínea; *b*) pulso (éstas son, a su vez, variables dependientes del ejercicio físico); *c*) duración del ejercicio físico; *d*) género; (ver, en la parte de anexos, Tablas 1. y 2.); *e*) número de intentos, y *f*) número de eventos (notas);
- 2) *variables dependientes*: número de errores en la ejecución de la prueba; se consideran errores las notas no realizadas y las notas equivocadas (ver, en la parte de anexos, Tablas 3. y 4.).

Dado que el aprendizaje ejecutivo de un instrumento musical es del tipo de desarrollo de habilidades descrito en los capítulos anteriores, o bien del tipo de *memoria procedural*, que en un principio contiene un gran componente cognitivo que va disminuyendo a través de la

repetición de la tarea al reportarse un mejor desempeño, se diseñó el experimento que a continuación detallaré tomando en cuenta lo siguiente:

- 1) Se escogió desarrollar una nueva habilidad musical a través de un fragmento musical, que se describirá más adelante, en la pedalera del órgano;
- 2) A través de las mediciones de la presión sanguínea entre los grupos elegidos con un simple muestreo estratificado, se observó la influencia que el ejercicio provoca durante el desempeño de las pruebas;
- 3) No se tomó en cuenta, intencionalmente, la variable de la condición física previa a las pruebas de cada sujeto, por ser un parámetro que trasciende a los límites de esta investigación;
- 4) El sistema de medida de la calidad en la ejecución musical elegido consistió en el cómputo de errores cometidos por los sujetos de investigación durante la tarea programada traducidos a índices cuantitativos (promedios);
- 5) Como medida preventiva y herramienta de exploración, se diseñó un cuestionario<sup>158</sup> que mostraría el estado físico y mental general de cada participante, de manera que si se detectaba algún factor de riesgo por parte de algún individuo no se le tomaría en cuenta para la realización de las pruebas.

#### 4.5. *Muestra, material y método*

##### 4.5.1. Muestra

La muestra para este estudio estuvo conformada por 24 sujetos divididos en 2 grupos (experimental y control), todos ellos alumnos del Conservatorio Nacional de Música de la Ciudad de México, de diferentes especialidades que en el momento del experimento se encontraban cursando los dos últimos meses del 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> grado de la asignatura de solfeo, y con una extensión de edades de entre los 15 y los 28 años. Las pruebas fueron realizadas del 19 al 22 y del 26 al 29 del mes de mayo de 2008. Las condiciones del muestreo (que no son de tipo jerárquico) se recabaron a través de varios parámetros:

---

<sup>158</sup> Cfr. R. HERNÁNDEZ SAMPIERI – C. FERNÁNDEZ-COLLAUDO – P. BAPTISTA LUCIO, *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill, México 2006<sup>4</sup>, 310-340.

- 1) nivel de lectura musical;
- 2) carrera musical (canto o instrumento);
- 3) edad.

Estos pasos se tomaron para obtener una población representativa y, al mismo tiempo, uniforme cualitativamente, evitando efectos que distorsionasen los resultados (p. ej., la presencia simultánea en el mismo grupo de sujetos muy hábiles y muy inhábiles).

### **Muestra para la prueba piloto**

El experimento estuvo antecedido de una fase explorativa (que se ha definido como prueba piloto) realizada con seis sujetos escogidos bajo los mismos criterios adoptados en la conformación del experimento, que se describen más adelante. La edad media fue de 20 años (16, 18, 21, 24), y el grupo estuvo formado por 4 mujeres (18, 18, 23, 24) y dos hombres (16 e 23 años).

### **Muestra para el experimento**

#### A. Grupo experimental

El grupo experimental estuvo formado por 13 sujetos, de entre 18 y 24 años, con una excepción de 15 años, y una edad promedio de 19.77 años. Este grupo fue mixto, con 8 sujetos del sexo femenino y 5 del masculino. Los sujetos de este grupo se encontraban estudiando las siguientes especialidades: 4 canto, 1 piano, 1 violín, 1 viola, 3 flauta, 1 corno francés y 2 enseñanza musical escolar.

#### B. Grupo control

El grupo control estuvo conformado por 11 sujetos, de entre 18 y 24 años, con una excepción de 28 años, y una edad media de 21.82 años. Este grupo fue mixto, con 7 sujetos del sexo femenino y 4 del masculino. Los sujetos de este grupo se encontraban estudiando las siguientes especialidades: 4 canto, 3 piano, 1 guitarra, 1 violín, 1 fagot y 1 enseñanza musical escolar.

### **Criterios de selección**

Para todos los sujetos de la muestra los criterios de inclusión fueron:

- 1) ser alumnos del Conservatorio Nacional de Música de la Ciudad de México que tuvieran entre un 2<sup>do</sup> y un 4<sup>to</sup> grado de avance en la materia de solfeo;
- 2) autorización expresa y firmada del consentimiento para la realización de la prueba;
- 3) sujetos que nunca hubieran tenido contacto con el órgano y mucho menos con la pedalera de éste;
- 4) sujetos que en el cuestionario suministrado (su historia clínica, ver anexos) hubieran declarado estar sanos, sobre todo sin padecimientos cardiacos o neurológicos.

Para todos los sujetos de la muestra los criterios de exclusión fueron:

- 1) alumnos que no hubieran alcanzado un 2<sup>do</sup> grado de solfeo;
- 2) sujetos que hubieran tenido contacto con el órgano;
- 3) sujetos que hubiesen declarado algún tipo de enfermedad o padecimiento en el cuestionario suministrado;
- 4) alumnos que estuvieran cursando la carrera de órgano, aunque fuera en la primera etapa.

En cuanto a la edad, todos los sujetos de investigación presentaron una edad media de 19.91 con dos excepciones: un sujeto de 15 años y uno de 28.

El género de los sujetos fue mixto, teniendo un mayor número el femenino. Los sujetos de ambos grupos no diferían en nivel de solfeo, cumpliendo específicamente con las competencias de lectura musical que eran requeridas, primera condición para la inclusión en el estudio.

#### 4.5.2. Material y método de observación/medición

Como fragmento musical a ejecutar, se utilizó un fragmento modificado del Estudio Sinfónico op. 78 para órgano de Marco Enrico Bossi (1861-1925), tomado de la edición de la casa editora G. Schirners (vol. 13508), compases del 130 al 137, conformado de 83 notas que en lo sucesivo serán llamadas “eventos”, como se puede observar en la figura siguiente.

## Estudio sinfónico

Marco Enrico Bossi

The image displays a musical score for a piece titled 'Estudio sinfónico' by Marco Enrico Bossi. The score is written in bass clef with a 12/8 time signature. It consists of eight measures of music, arranged in four systems of two measures each. The measures are numbered 1 through 83. The first system contains measures 1-24, the second 25-44, the third 45-68, and the fourth 69-83. The music features a mix of eighth and sixteenth notes, with some rests and accidentals. The final measure (83) ends with a double bar line.

Figura 1

Fragmento de ocho compases utilizado para la tarea motora musical

El fragmento musical fue transcrito con el software *Sibelius 5*, para disponerlo aislado en una sola página con dos sistemas de cuatro compases cada uno, como se puede observar en la figura siguiente, facilitando así la lectura y liberándola de efectos indeseables.

La selección de tal fragmento de la literatura organística no fue casual. En primer lugar, se buscó que éste no fuese solamente un conjunto de notas escritas en un pentagrama sin una idea musical ex profeso para las pruebas, sino que perteneciera a la literatura musical, pero, sobre todo, que implicara cierta motivación para los sujetos experimentales: dado que la parte seleccionada se trata de un fragmento de una obra interesante de un importante compositor de repertorio organístico, éste tendría cierto aroma a reto. En segundo lugar, se decidió que la disposición de las figuras musicales de las que se compone pertenecieran a un grupo bastante compacto, condición que cumple el fragmento en cuestión, ya que utiliza

una figura prevalente (corchea) como unidad base del *tempo*, mientras que las otras figuras sirven de descanso intermedio y conclusión (2 negras con puntillo, 1 negra, y 2 blancas con puntillo). En tercer lugar, la alternancia de las puntas de los pies que propone el fragmento escogido proporciona una tarea de coordinación simple en imitación del caminar. Cabe destacar que en la transcripción del fragmento seleccionado no fue insertado ningún tipo de signo de articulación, ni dinámico ni fraseológico, como puede observarse en la figura 1.

#### 4.5.3. Instrumentos de medición

Para la obtención de datos cuantitativos, se realizó video filmación de cada sujeto mientras ejecutaba la prueba, de la que se analizaron los aciertos y los errores en la ejecución del fragmento musical seleccionado. Cabe destacar que sólo se grabaron imágenes de la cintura a los pies, para respetar la privacidad y mantener el anonimato de los sujetos de investigación.

El video fue realizado en formato MiniDV con una cámara video grabadora JVC con sonido estéreo, y más tarde masterizado en formato CD.



**Figura 2**  
Sujeto realizando la tarea motora musical

## CAPÍTULO CUARTO

La prueba se realizó en un órgano de la marca Content modelo D5432 a dos manuales y con pedalera de 32 notas.

En todos los sujetos, se realizó la medición de presión sanguínea y pulso con un monitor de presión sanguínea de brazo automatizado de la marca Microlife™ modelo BP 3AC1-1 PC antes de comenzar la prueba del día, para garantizar la permanencia interior de los parámetros del ejercicio aeróbico ya enunciado.

Para garantizar que todos los sujetos desarrollaran la prueba de manera controlada, se escogieron dos tiempos metronómicos, uno para la primera sesión y otro para las restantes, utilizando un metrónomo de la marca Korg™ modelo MA-30.

En lo que respecta a la duración del ejercicio físico, se realizó la medición a través de un cronómetro, aplicación incluida en el teléfono celular Nokia modelo 6131.

Se utilizaron para el análisis de datos las pruebas estadísticas:

- a) promedio;
- b) desviación estándar;
- c) la prueba no paramétrica de  $U$  de Mann-Whitney;
- d) la prueba paramétrica de  $t$  de Student.

### 4.5.4. Procedimiento de la investigación

La autora de esta investigación es profesora de solfeo y coro en el Conservatorio Nacional de Música de la Ciudad de México, lugar donde se realizaron las pruebas. El control de los parámetros de ejecución en el órgano fue posible del hecho de que la autora es licenciada en órgano por la misma institución, teniendo una carrera de más de veinte años de experiencia profesional en el ámbito litúrgico y concertístico. Todos los sujetos de investigación fueron integrantes de las cátedras de Coro y Conjuntos Corales impartidas por ella en esa misma institución.

Primero, se realizó una *prueba piloto* con seis estudiantes de ambos géneros la que demostró la factibilidad de la investigación, mismos que fueron seleccionados, como ya se dijo anteriormente, bajos los mismos criterios que la población del experimento. A los tres primeros sujetos, se les pidió ejecutar el fragmento musical que se muestra en la figura 1. (ocho compases con 83 notas en la pedalera de un órgano, tres veces consecutivas) a una

velocidad de 40 m.m. por corchea, resultando un *tempo* un poco rápido para la primera sesión ejecutiva. De esta manera, a los tres sujetos restantes se les pidió un *tempo* de 30 m.m., velocidad que resultó más adecuada para la primera aproximación; sin embargo, a partir de la segunda sesión, la velocidad se aumentó a 40 m.m. A dos de los primeros tres sujetos se les solicitó realizar un ejercicio físico aeróbico con una duración de 7 minutos, que ellos mismos calificaron de “moderado” nivel 3 en la escala de Borg (ver tabla 1), antes de la ejecución de la tarea motora musical. De la misma manera, se le pidió a otro de los sujetos restantes realizar también el ejercicio físico descrito previamente a la tarea de prueba, siendo éste evaluado también como de nivel 3. Dado que el número de errores cometidos por los tres sujetos sometidos al ejercicio físico anterior a la tarea musical fue significativamente inferior a aquellos que no realizaron la actividad física previa, se decidió que sería factible realizar el experimento con dos grupos más grandes.

La medición de los parámetros que indican los efectos del ejercicio y de sus consecuencias, como bien se sabe, puede ser efectuada a través de una serie de indicadores complejos que, en conjunto, se dirigen a individuar, por ejemplo, el consumo energético: 1) consumo de oxígeno (variaciones de consumo durante la actividad); 2) medición de la frecuencia cardiaca y pulso, y 3) aplicación de tablas de estándares de esfuerzo (como la escala de *Borg*). Con este propósito, algunos investigadores de la Universidad de Florencia<sup>159</sup> han conducido estudios focalizados (en el campo del esfuerzo producido durante ejercicio deportivo) a través de muestras de sangre con las cuales se evalúa el plasma sanguíneo en particular la creatinfosfocinasa (CPK). Se considera un ejercicio de tipo aeróbico a una actividad que está caracterizada por la presencia constante de oxígeno. La frecuencia cardiaca en un ejercicio aeróbico (en el que se reporta una tasa de consumo de oxígeno en el rango del 55 al 85% del consumo máximo de un individuo), en efecto, «debe estar en el rango que varía del 60% al 85%, aproximadamente, de la máxima frecuencia cardiaca de un individuo<sup>160</sup>».

---

<sup>159</sup> G. GALANTI – N. PUCCI – M. GABELLINO, *La valutazione della fatica tramite la misurazione degli enzimi muscolari*, Università degli Studi di Firenze, Firenze 2003.

<sup>160</sup> S. BOCCATO – C. PISTILLI, *La ginnastica aerobica*, Società di stampa sportiva, Roma 2005, 78.

## CAPÍTULO CUARTO

Para responder concretamente a la cuestión acerca de la medición del ejercicio físico, se utilizaron en esta investigación dos tipos de parámetros: 1) las mediciones fisiológicas de la presión sanguínea y pulso y 2) la escala modificada de Borg que, aunque es una medida un tanto subjetiva, nos da una idea de la intensidad del ejercicio que se realiza, considerándosele bastante fiable<sup>161</sup>. Al no poder aplicar sistemas de medición que comprometieran demasiado a los sujetos de investigación – tales como muestras sanguíneas o de fluidos corporales – se trató de establecer el límite de eficacia positiva de un tipo de ejercicio físico aeróbico moderado. Sus efectos fueron medidos a través de la escala de Borg, del parámetro de su duración y de la medición de los valores fisiológicos (presión sanguínea sistólica/diastólica y pulso). La escala de Borg fue creada por Gunnar Borg, en 1973, como respuesta a la necesidad de valorar la percepción de la intensidad del esfuerzo, la fatiga o la incomodidad del ejercicio con una escala de medición de 20 *ítems*. El mismo Borg modificó la escala en 1982 reduciendo el número de *ítems* a 10 para aumentar su practicidad<sup>162</sup>, como se muestra a continuación:

**Tabla 1** Escala de Borg modificada

0	Nada	6	
0,5	Muy, muy suave	7	Muy duro
1	Muy suave	8	
2	Suave	9	
3	Moderado	10	Muy, muy duro
4	Algo duro		
5	Duro		

El ejercicio físico aeróbico realizado consistió en:

- flexión del abdomen, a manera de tocarse con las manos la punta de los pies, repetida 20 veces;
- rotación del tronco de izquierda a derecha con los brazos cruzados, por 20 veces;

<sup>161</sup> C. BARBADO VILLALBA – D. BARRANCO GIL, *Manual de ciclo indoor avanzado*, Paidotribo, Barcelona 2007, 79.

<sup>162</sup> Cfr. *Ibid.*, 78-79.

## DISEÑO DE INVESTIGACIÓN, MATERIAL Y MÉTODO

- cruzamiento de brazos extendidos alternados con un movimiento simultáneo ascendente, hasta llegar a la altura de la cabeza y luego descendente sin hacer pausas, 15 ascendentes y 15 descendentes.

Esta serie de ejercicios se repitió 7 veces, a manera de completar 7 minutos.

Estos ejercicios se realizaron durante el pilotaje con tres sujetos y con el grupo experimental.

En ambos casos, al término de la actividad física, (conforme a lo que se ha dicho con anterioridad) se tomaron los valores fisiológicos cardiacos (presión sistólica/diastólica y pulso) con el objeto de verificar que el ejercicio físico había ocasionado una fatiga que pudiera intervenir con la realización de la tarea motora musical.

**Tabla 2**

Número de errores cometidos por los sujetos sometidos a 7 minutos de ejercicio físico en el pilotaje

Sujeto	Errores primera prueba	Errores segunda prueba	Errores tercera prueba	TOTAL
<b>1</b>	35	36	28	99
<b>2</b>	42	38	32	112
<b>3</b>	16	10	12	38
TOTAL				249

**Tabla 3**

Número de errores cometidos por los sujetos no sometidos al ejercicio físico en el pilotaje

Sujeto	Errores primera prueba	Errores segunda prueba	Errores tercera prueba	TOTAL
<b>4</b>	46	40	43	129
<b>5</b>	52	50	44	146
<b>6</b>	48	43	43	134
TOTAL				409

## CAPÍTULO CUARTO

La participación de los sujetos, tanto en la prueba piloto como en el experimento, fue totalmente voluntaria sin perturbar los horarios establecidos de sus asignaturas. Una semana antes de las pruebas del experimento, el día 14 de mayo, a las 14:00 hrs., se realizó una junta informativa donde se indicó a los sujetos cuál sería la mecánica a seguir, los objetivos y finalidades de la investigación, así como los requisitos y los criterios de exclusión, haciéndoles compilar un cuestionario a manera de historia clínica (ver anexos) y una carta de consentimiento expreso (ver anexos) para ser filmados y estar de acuerdo con su participación, indicándoseles que en todo momento se respetaría el anonimato.

Las pruebas se realizaron en dos fases: del lunes 19 al jueves 22, la primera, y del lunes 26 al jueves 29, la segunda, del mes de mayo de 2008, en el salón No. 6, en un horario de 9:00 a 12:00 hrs., en el órgano que se describió con anterioridad.

En la primera fase, se recogieron los datos del grupo control. A cada sujeto, antes de comenzar la prueba, se le realizó una medición de la presión sanguínea que se asentaba en un registro, y a continuación pasaba a sentarse en el banquillo del órgano a realizar la tarea motora musical.

Cabe destacar que los sujetos se encontraban solos en el aula, que contaba con luz natural suficiente y con una adecuada ventilación, para no ser perturbados y permitir la mayor concentración posible.

La prueba consistió en ejecutar las 83 notas de la obra ya citada en la pedalera del órgano con un movimiento alternado de los pies, comenzando con el pie derecho en 4 intentos que en total tenían una duración de 10 minutos, mientras el sujeto era videograbado mediante una cámara que se había instalado en un tripie al lado de la parte lateral posterior del sujeto en turno. El fragmento musical consta de 8 compases organizados en dos sistemas, que se deben de leer en clave de fa en cuarta línea. Las figuras rítmicas son octavos a excepción de 5 notas, una al final del compás 3, otra a final del compás 4 y las tres últimas notas del fragmento correspondientes al compás 8. La grafía musical fue mostrada a cada sujeto antes de comenzar la primera sesión con el fin de orientarlo en el tipo de ejecución que debía realizar. En la primera sesión, la ejecución comenzó con un “tempo” (velocidad) de 30 m.m. por corchea, es decir, que cada figura de

corchea se debía ejecutar en cada golpe del metrónomo. Esta estrategia se siguió a causa de los resultados arrojados durante el pilotaje, y ocasionados por el descontrol que ocasionaba encontrarse ante una situación completamente desconocida por parte del sujeto en un primer momento. De la segunda sesión en adelante, el tempo se aumentó de 30 m.m. a 40 m.m. Contemporáneamente a la ejecución el metrónomo, se mantuvo encendido para indicar el valor de cada nota o “evento” (cada “golpe” del metrónomo representaba el valor de una corchea).

Durante la segunda fase, se recogieron los datos del grupo experimental. La diferencia entre este grupo y el control consistió en que antes de iniciar la prueba ejecutiva se realizó la medición de la presión sanguínea y posteriormente se le indicó a cada sujeto una serie de ejercicios físicos a realizar con una duración de 7 minutos. Como ya se mencionó anteriormente, los ejercicios físicos realizados fueron pensados en razón de no provocar tensión y/o agotamiento muscular, de manera que se centraron en los brazos y en la parte superior del tronco. Inmediatamente después del ejercicio físico, se hizo una segunda medición de la presión sanguínea y del pulso para asegurarnos que estos se había incrementado por arriba de la medición en reposo. A continuación, comenzó la ejecución en el órgano, de la misma manera que lo hizo el grupo control.

Al final de las cuatro sesiones, fue otorgada a todos los participantes una carta de agradecimiento. Una vez terminada su recolección, los datos se asentaron en un registro que, posteriormente, se analizó mediante las funciones estadísticas ya mencionadas (promedio, *desviación estándar*, *U* de Mann-Whitney y *t* de Student), como veremos en el siguiente capítulo.

Como se ha dicho precedentemente, tanto en la prueba piloto como en el experimento, se realizaron dos tipos de medición: *a)* medida de la duración del ejercicio físico efectuado antes de la tarea motora musical; *b)* medición de la calidad de la prueba motora musical a través del recuento de los errores, según la modalidad y los criterios que se explican a continuación: por error se entiende la falta de realización de la ejecución requerida por el signo escrito en la partitura, esto es, la omisión en la ejecución de una nota en el tiempo establecido. Esto no quiere decir que durante la recopilación de los datos no hubieran

## CAPÍTULO CUARTO

ciertos problemas: algunos sujetos tendían a repetir las notas faltantes o las ejecutadas erróneamente. En este caso, aunque la repetición fuera correcta, se computaron los errores en base a los criterios precedentes. Otros sujetos repitieron, equivocadamente y más de una vez, compases enteros, retomando la ejecución más adelante en puntos casuales. Este tipo de error (que se verificó con una cierta frecuencia) fue tal vez el que reportó mayor incertidumbre para la valoración, porque, en especial, hacía la ejecución no lineal desde el punto de vista del proceso de asimilación del pasar de una prueba a la siguiente dentro del mismo día y, en segundo lugar, impedía un cómputo objetivo de los eventos “realizados de manera incorrecta”. En este caso, se escogió simplificar el mecanismo de valoración y considerar el número de notas repetidas fuera del lugar que le correspondía (en el *tempo*) como eventos igualmente erróneos.

## 5.

### Resultados, discusión y conclusiones

#### 5.1. Resultados

##### 5.1.1. Análisis de datos

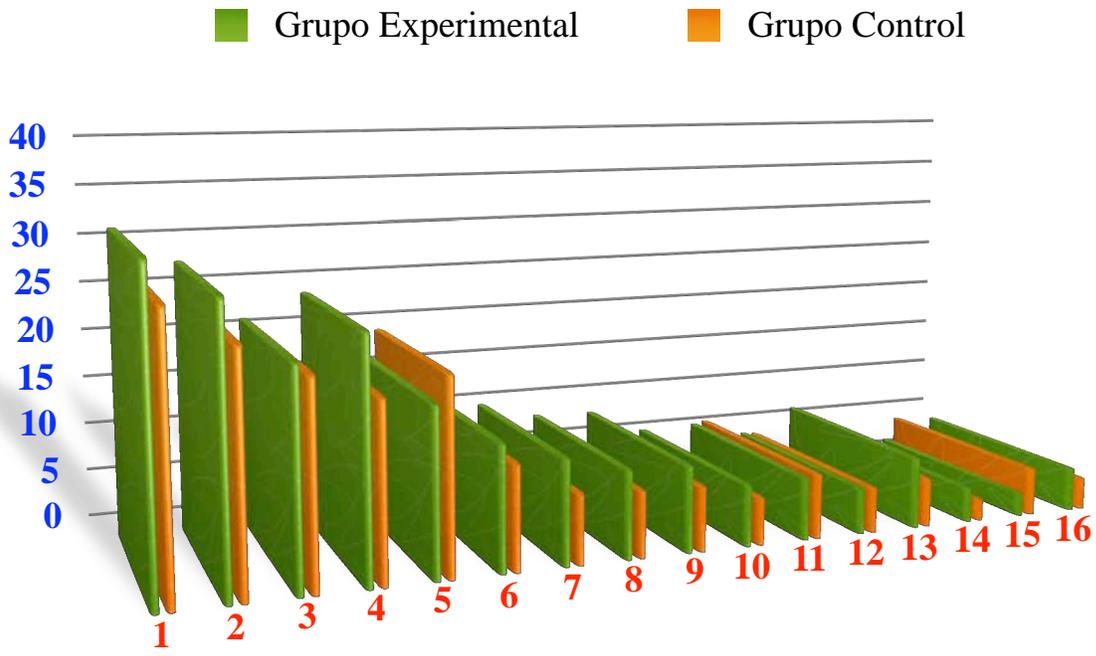
El primer instrumento de análisis adoptado fue la observación de las medias aritméticas, asumidas como valores centrales y consideradas más significativas que la mediana o la moda. Se encontró que el número de errores disminuyó progresivamente de manera que todos los sujetos de ambos grupos realizaron ejecuciones más precisas conforme aumentaba el número de sesiones, como se puede ver en la gráfica siguiente.

En la figura 1 se puede observar el proceso natural del aprendizaje y la memoria. El número de errores disminuye porque aumenta el tiempo de práctica, de la misma manera como en otras investigaciones ya ha sido demostrado (*rehearsed performance*)<sup>163</sup>.

---

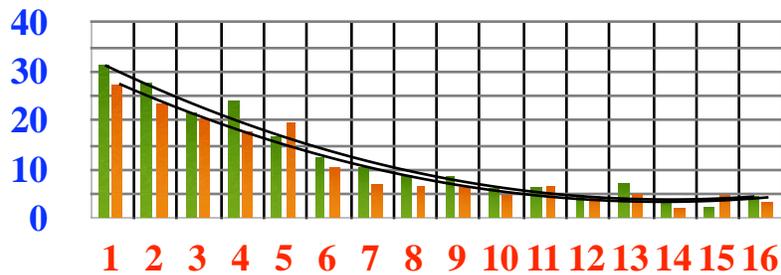
<sup>163</sup> A.C. LEHMANN, V. MCARTHUR, *Sight-Reading*, in R. Parncutt, G.E. MacPherson (compilación de), *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, Oxford University Press, New York 2002, 135-150

## RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16: intentos (4 por día)

2.30 ÷ 31.38 promedio de errores por día

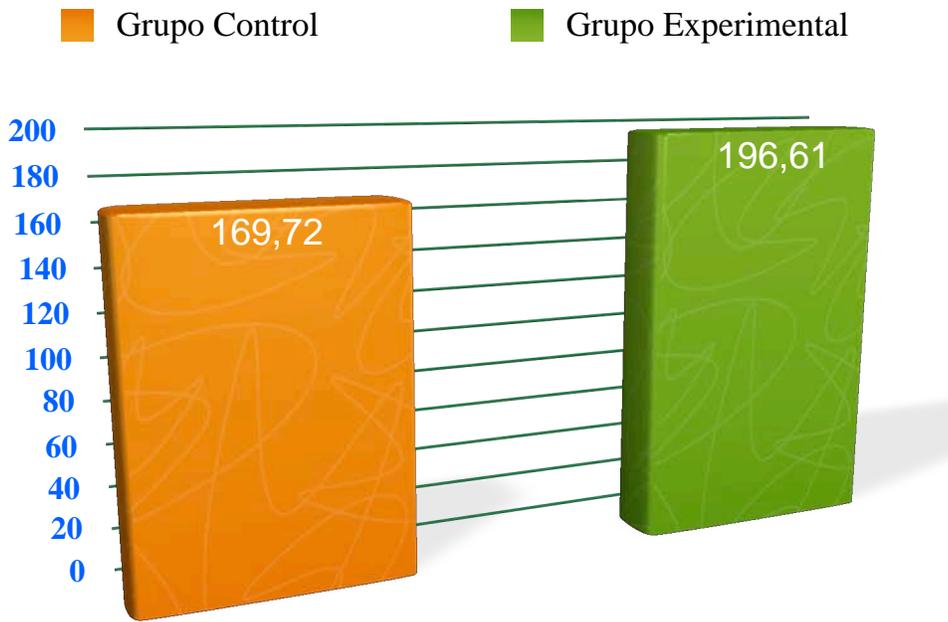


**Figura 1**

Gráfico que muestra la disminución de errores cometidos por los sujetos de investigación durante el total de las pruebas

El experimento demostró también que para el grupo experimental que estuvo sometido al ejercicio físico de 7 minutos previos a la tarea, el promedio de los errores cometidos fue mayor con respecto al promedio de errores cometidos por el grupo de control (figura 2), contrariamente a lo que había sucedido en el pilotaje, en el cual el ejercicio físico parecía haber influido de manera positiva en los resultados (249 contra 409).

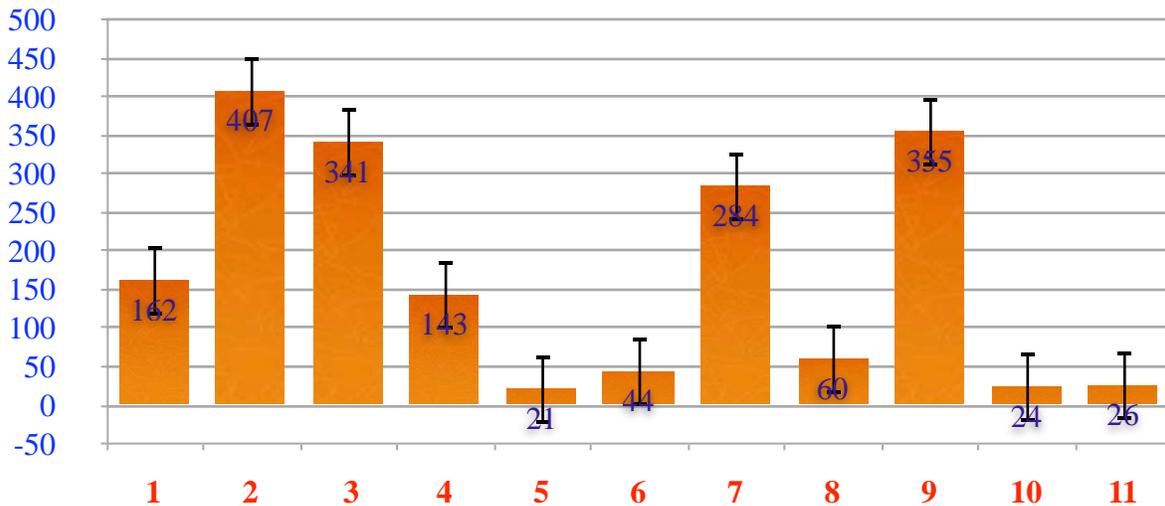
## CAPÍTULO QUINTO



**Figura 2**

Gráfico que muestra la media de los errores totales entre el Grupo Control y el Grupo Experimental

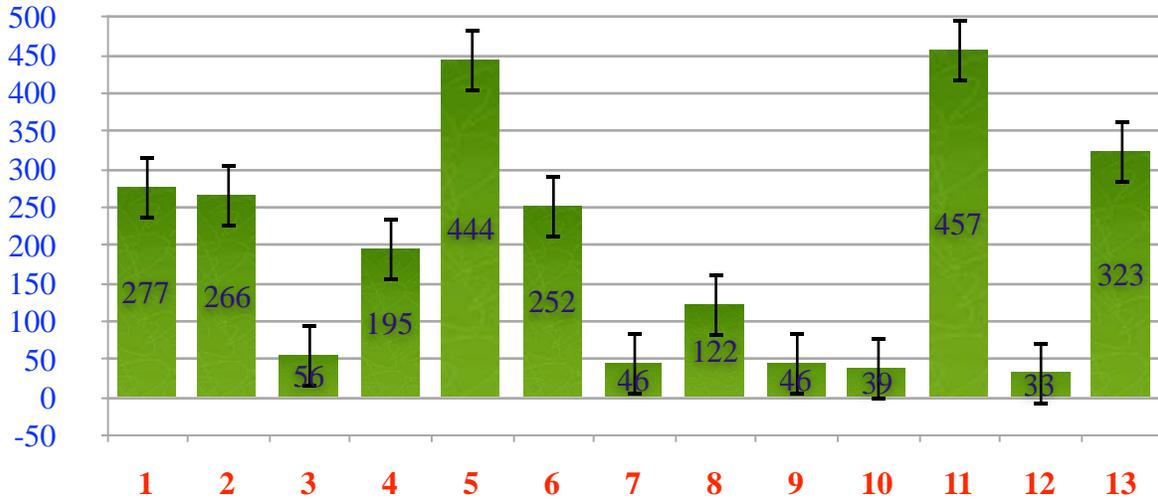
En las figuras 3 y 4 se representan los valores totales de los errores cometidos por cada sujeto, con las barras de errores estándar ( $E_s$ ).



**Figura 3**

Gráfico que muestra los valores de errores totales entre el Grupo Control con barras de errores estándar ( $E_s = 42.29$ )

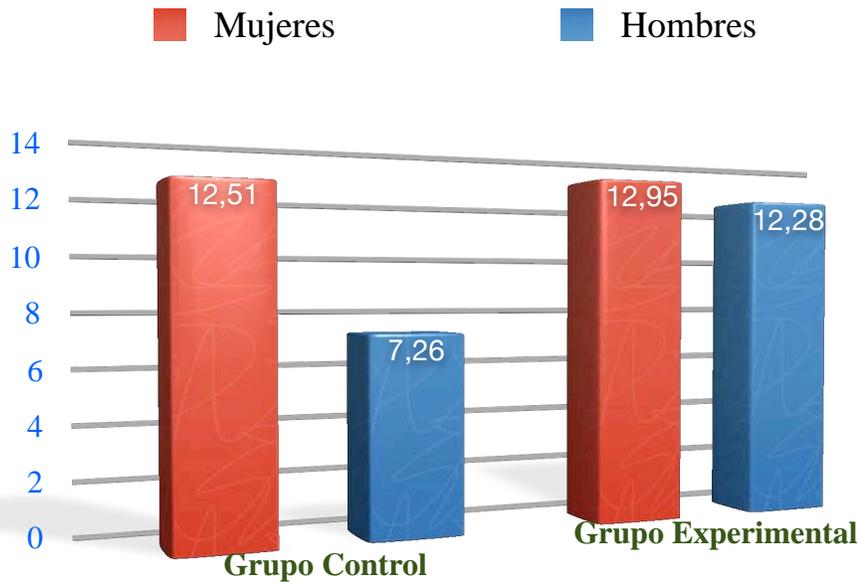
## RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES



**Figura 4**

Gráfico que muestra los valores de errores totales del Grupo Experimental con barras de errores estándar ( $E_s = 42.49$ )

Además, a simple vista se observa una notable diferencia (figura 5) en el desempeño entre hombres y mujeres del grupo de control, mientras que en el grupo experimental esta diferencia es casi imperceptible. Esto se puede fácilmente verificar por los promedios de errores cometidos entre mujeres y hombres de ambos grupos.



**Figura 5**

Gráfico que muestra la diferencia de errores totales entre mujeres y hombres (promedio de promedios) en el Grupo Control y en el Grupo Experimental

## CAPÍTULO QUINTO

Dado que la modalidad de la ejecución se representaba con un valor de varianza (es decir, la desviación estándar elevada al cuadrado)<sup>164</sup> notable respecto al valor central (media aritmética), para compilar de manera más coherente una distribución de referencia, se dividieron en seis clases ordenadas en sentido de amplitud homogénea las medias aritméticas de los errores cometidos en las 16 pruebas de ejecución (cuatro pruebas por cuatro días), y se recabaron los valores porcentuales ( $Val\% = 100f_i/N$ ). Entre ambos grupos, la *moda* (la modalidad con la máxima frecuencia registrada<sup>165</sup>) se verificó sobre un bajo número de errores (primera clase de 0 a 5 errores):

- Grupo de control: 45.45 %, aprox.
- Grupo experimental: 38.47 %, aprox.

con una sensible superioridad cuantitativa del grupo de control (que puede ser juzgado como *mejor ejecutor*). En la modalidad opuesta (media del número de errores superior a 25), superó en porcentaje el grupo experimental (confirmando su calidad inferior como ejecutor)

- Clase de errores 6, grupo de control: 9.09 % aprox.
- Clase de errores 6, grupo experimental: 15.39 % aprox.

Este valor, por sí solo, no dice mucho porque no muestra el progresivo decremento de los errores debido al aumento de experiencia acumulada en un breve lapso de tiempo a lo largo de las cuatro sesiones.

**Tabla 1**  
División en clases de errores cometidos y porcentaje de ambos grupos

Clase de media de los errores totales	Grupo de control	% Grupo de control	Grupo experimental	% Grupo experimental
1, da 0 a 5	5	45,4545	5	38,4615
2, da > 5 a 10	1	9,0909	1	7,6923
3, da > 10 a 15	1	9,0909	1	7,6923
4, da > 15 a 20	1	9,0909	3	23,0769
5, da > 20 a 25	2	18,1818	1	7,6923
6, > 25	1	9,0909	2	15,3846
<b>TOTALES</b>	<b>11</b>	<b>100 %</b>	<b>13</b>	<b>100 %</b>

<sup>164</sup> R. HERNÁNDEZ SAMPIERI – C. FERNÁNDEZ-COLLAUDO – P. BAPTISTA LUCIO, *op. cit.*, 429.

<sup>165</sup> *Ibid.*, 425.

### 5.1.2. Pruebas estadísticas

Dado que el movimiento simple medio – media aritmética de las diferencias (en valor absoluto) entre cada valor de la distribución y su media – hubiera estado excesivamente influenciado por los valores “anormales” (en particular, valores positivos o negativos), se escogió adoptar como uno de los medios de elaboración de los datos la *desviación estándar*.

De la desviación estándar del grupo experimental se desprende que el comportamiento de los sujetos de este grupo (sometidos al ejercicio físico) es menos uniforme – en sentido peyorativo – y se acerca menos al valor central del promedio. La desviación estándar de los errores del grupo del control es sensiblemente menor de aquella del grupo experimental.

- Grupo experimental  $\sigma = 9.196753565$
- Grupo de control  $\sigma = 8.136217622$

Para analizar la influencia de la actividad física (ejercicio/ no ejercicio) y las diferencias de género (femenino/masculino) sobre el proceso de la adquisición de la nueva habilidad motora musical, se utilizó la prueba no paramétrica de  $U$  de Mann-Whitney-(Wilcoxon) (MWW test o *rank sum test*), en su forma simplificada, por el bajo número de sujetos.

Los valores de  $U_{\text{mín}}$  y  $U_{\text{máx}}$  no exceden la amplitud de los valores correspondientes de la tabla de  $N_1=11$  y

$N_2=13$ , ya sea, con  $\alpha = 0.05$  ó con  $\alpha = 0.01$ :

**para  $\alpha = 0.05$**

Amplitud  $U_{\text{mín}} \div U_{\text{máx}} = 62 \div 81 < \text{Amplitud Valor}_{\text{mín}} \div \text{Valor}_{\text{máx}} = 37 \div 106$

**para  $\alpha = 0.01$**

Amplitud  $U_{\text{mín}} \div U_{\text{máx}} = 62 \div 81 < \text{Amplitud Valor}_{\text{mín}} \div \text{Valor}_{\text{máx}} = 27 \div 116$

Por tanto, la hipótesis  $H_0$  no se puede rechazar y el resultado nos dice que no se encontró alguna influencia significativa del ejercicio físico suministrado sobre la calidad de la ejecución.

De manera análoga, se repitió la operación para analizar el comportamiento entre mujeres y hombres.

En el análisis de la relación mujeres-hombres, la hipótesis  $H_0$  no puede ser tampoco rechazada, dado que el espectro de los valores de  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  no excedió el espectro de los valores de las tablas  $U$  en correspondencia con la numerosidad de los grupos y de los valores de  $\alpha$  que hemos tomado en consideración.

**para  $\alpha = 0.05$**

$$\text{Amplitud } U_{\min} \div U_{\max} = 50 \div 85 < \text{Amplitud Valor}_{\min} \div \text{Valor}_{\max} = 34 \div 101$$

**para  $\alpha = 0.01$**

$$\text{Amplitud } U_{\min} \div U_{\max} = 50 \div 85 < \text{Amplitud Valor}_{\min} \div \text{Valor}_{\max} = 24 \div 111$$

Se aplicó también la prueba estadística  $t$  de Student<sup>166</sup> y el valor calculado nos indicó que la hipótesis  $H_1$  fue igualmente rechazada, tomando como referencia un valor de significancia  $\alpha = 0.05$ : en este caso, el intervalo de valores indicado por la tabla es  $+ 2.074$  y  $- 2.074$ .

## 5.2. *Discusión de los resultados*

### 5.2.1. Horizontes del trabajo

Como sucede en todos los experimentos conducidos en condiciones no idóneas, ya sea en la amplitud de la población, y, por tanto, de las muestras recogidas, como por sus límites temporales, los resultados de este trabajo se exponen a los límites de una experiencia que podría completarse en el futuro. No obstante lo anterior se puede representar los siguientes resultados:

- 1) la variable “número de intentos” permanece significativa con respecto a la calidad de la ejecución, dado que, si se observa la matriz de datos, en los últimos días de prueba el número de errores disminuye de manera significativa (como se observa en la gráfica);
- 6) el aumento del pulso cardíaco (consecuencia de el ejercicio físico suministrado) indica un factor de influencia, siempre y cuando ello se mantenga en los límites

---

<sup>166</sup> D. OLIVIERI, *op.cit.*, 258-261.

## RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

de una reserva de oxígeno tal como para poderlo considerar un ejercicio aeróbico;

- 7) la diferencia de errores entre el grupo de control y el experimental no se encontró significativa, como se demuestra por la aplicación de la prueba de *U* Mann-Whitney y la prueba *t* de Student;
- 8) la diferencia de errores entre sujetos de sexo femenino y masculino, tanto del grupo experimental como del grupo de control, no se encontró significativa, como lo demuestra la prueba de *U* de Mann-Whitney;
- 9) para establecer el límite “positivo” o “negativo” derivado del ejercicio físico es necesaria la medición de otros parámetros que no fue posible incluir en esta investigación. La investigación, entonces, ha producido una primera aplicación en el campo musical de una experiencia que normalmente es conducida en su mayoría en animales o poblaciones ajenas al campo musical;
- 10) una vasta literatura demuestra que efectivamente existe una relación entre actividad física y mejoría de la memoria. Sin embargo, se trata de investigaciones realizadas en condiciones diversas a las que se han utilizado en este trabajo;
- 11) se asume que no se reportaron diferencias significativas entre los dos grupos (experimental y control) considerándolos como un único grupo;
- 12) una interesante tendencia observada fue el desempeño de los cuatro sujetos estudiantes de la carrera de piano, ya que, como se puede ver en las tablas 3 y 4 de los anexos, en el primer día de prueba se reportó un menor número de errores en relación con los sujetos estudiantes de otras carreras. Esto pudo haber ocurrido probablemente debido al fenómeno de “paquete” descrito en el cuarto capítulo, que se refiere a que, cuando se aprende una nueva habilidad motora, en realidad se está aprendiendo un programa motor general, que puede ser ejecutado por muchos efectores. De esta manera, se podría intuir que estos sujetos ya tenían establecido el programa motor o “paquete” y que lo que en

realidad estaban haciendo durante las pruebas era cambiar los efectores que lo realizarían;

13) desgraciadamente el efecto “paquete” no se pudo verificar por las limitaciones de esta investigación;

14) es interesante observar cómo se verifica, a partir del número de errores cometidos en el primer día, la gran influencia de la planeación cognitiva de los movimientos a realizar.

### 5.2.2. Reflexiones ulteriores

Los resultados obtenidos muestran, entonces, que todos los sujetos obtuvieron un aprendizaje de una tarea motora nueva en su fase primaria, infiriéndose que a nivel celular se realizaron modificaciones estructurales de las redes neuronales (según lo muestra la curva de aprendizaje), para el control del movimiento cerebral, tal y como se ha podido observar en experimentos recientes de consolidación de memoria motora que sugieren que la consolidación sináptica<sup>167</sup> observada es compatible para este tipo de memoria motora. La consolidación de la memoria procedural se pudo verificar por la disminución muy significativa de errores, entre la primera prueba y la última, con sólo 10 minutos de entrenamiento por día. La razón por la cual se refiere en este estudio a una fase primaria de aprendizaje es porque, a partir de los resultados obtenidos, sólo fue posible observar la parte inicial del proceso de aprendizaje, ya que si bien la disminución en el número de errores fue muy significativa después de los cuatro días, ninguno de los sujetos participantes obtuvo el nivel de “dominio” que podríamos llamar “aprendizaje consolidado” o fase terminal. Cabe aclarar que el cerebro de músicos profesionales procesa de manera distinta los fenómenos musicales a aquellas personas sin experiencia musical profesional, como lo señala L. Parsons<sup>168</sup>, lo que nos puede llevar a pensar hasta qué punto los sujetos de esta investigación, por tratarse de estudiantes de música, han cambiado ya la forma de su

---

<sup>167</sup> J.W. KRAKAUER – R. SHADMEHR, *Consolidation of Motor Memory*, «Trends in Neurosciences», Enero, 2006, 58–64.

<sup>168</sup> L. PARSONS, *Exploring the functional neuroanatomy of music performance, perception and comprehension*, en I. Peretz – R.J. Zatorre (compilación de), *The Cognitive Neuroscience of Music*, Oxford University Press, Oxford 2003, 247-268.

procesamiento musical. Pudimos comprobar también que con una tarea musical con objetivos determinados, se obtienen óptimos resultados con poco tiempo de ensayo, intuyéndose que si, en lugar de 10 minutos diarios, se hubiera hecho una única prueba de 40 minutos (10 x 4), no se hubieran obtenido los mismos resultados. Esto apunta a que los sujetos hubieran sido menos exitosos, como lo indica el artículo de Lasley (1997), en el que dice que en un estudio con ratones se obtuvieron mejores resultados de aprendizaje con sesiones de entrenamiento cortas y con intervalos de descanso<sup>169</sup>. Otra de las razones para pensar que se obtienen mejores resultados con periodos de tiempo breve, es que la adquisición de aprendizaje en humanos (a nivel psicológico) necesita de la construcción de significados que se generan internamente, es decir, que después de un periodo de tiempo de atención continua es necesario dejar de recibir estímulo externo para que nuestros cerebros le otorguen significado, ya que si se sigue recibiendo información, ésta entra en conflicto con el proceso interno, como lo señala Eric Jensen<sup>170</sup>. Como podemos ver, este proceso no es automático ya que lleva tiempo, no sólo de entrenamiento, sino también al tiempo que pasa entre un ensayo y otro. Ahora bien, este aprendizaje como cualquier otro, no necesita solamente de la parte psicológica, sino también de la construcción y la reorganización de las redes neurales (fenómeno de potenciación a largo plazo celular) a nivel celular, el que comienza a partir de una estimulación repetida. A partir de la repetición del estímulo, se obtiene la “sensibilización”, tipo de aprendizaje no asociativo descrito en el tercer capítulo, y base de la memoria a largo plazo que, en éste caso, se traduce en el mejoramiento del desempeño de la tarea motora. Según Robert Zatorre y sus colaboradores<sup>171</sup>, para el control del movimiento motor musical son necesarias tres funciones: la reguladora del tempo (*timing*), la reguladora de secuencias y la reguladora de la organización espacial del movimiento, todas ellas controladas por los ganglios basales, la corteza motora primaria, la corteza prefrontal, el área motora suplementaria y el cerebelo, este último, controlador de la trayectoria de los movimientos. Sin embargo, las redes neuronales para el procesamiento de la música se encuentran en realidad dispersas por todo el cerebro, como afirma el mismo

<sup>169</sup> E. LASLEY, *How the Brain Learns and Remembers*, «BrainWork», n. 7, 1997, 1-9.

<sup>170</sup> E. JENSEN, *Cerebro y Aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas*, Narcea, Madrid 2004, 72.

<sup>171</sup> R.J. ZATORRE (et al.), *When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production*, «Nature Reviews – Neuroscience», Volumen 8, Julio 2007, 547-558.

Parsons<sup>172</sup>, observándose que, por ejemplo, el tono y el ritmo presentan cada uno una red de procesamiento diferente.

Según la literatura científica el ejercicio físico produce un efecto benéfico sobre el aprendizaje, como lo señalan diversas publicaciones ya señaladas en el apartado 5.2.2.; no obstante, en esta investigación se encontró que un ejercicio moderado de poca duración previo a la prueba, no ejerce una influencia significativa en el aprendizaje. Desgraciadamente, el experimento conducido no se encuentra en grado de afirmar o establecer los efectos del ejercicio físico, sino sólo aquellos que han quedado reportados, dejándose, para este caso, un ulterior experimento. De la misma manera, al no encontrarse diferencias significativas entre géneros, en cuanto a los cuales, sin embargo, la literatura advierte diferencias tanto estructurales como funcionales entre ellos, como lo reporta el artículo de Geert J. de Vries y Per Södersten<sup>173</sup>, sería entonces interesante diseñar una investigación ulterior que permitiera observar las diferencias que en esta investigación no fue posible ver. Por otra parte, se pudo intuir que la existencia del fenómeno de programas motores “paquete” facilitó la tarea en la población de pianistas; no obstante, por el escaso número de sujetos con estas competencias no fue posible establecer comparaciones ni aplicar una prueba estadística que confirmara nuestra intuición. A este respecto, sería muy interesante diseñar un estudio entre poblaciones de músicos que permitiera observar si existen o no diferencias a este respecto.

Se muestra que según las etapas en la adquisición de habilidades propuestas por P.M. Fitts (1964)<sup>174</sup>, de la *etapa cognitiva*, que comenzó con la sesión informativa, se pasó a la *etapa asociativa*, que consistió en un uso lento del conocimiento hacia una respuesta de lo que se debe hacer, esto es, a la primera ejecución de la prueba motora musical a manera de exploración, para pasar gradualmente a la *etapa autónoma*, en donde el componente cognitivo se fue eliminando poco a poco de acuerdo con el mejoramiento del desempeño. Todo este proceso se traduce en la transición del componente cognitivo al componente

---

<sup>172</sup> L. PARSONS, *op.cit.*

<sup>173</sup> Cfr. G.J. DE VRIES – P. SÖDERSTEN, *Sex differences in the brain: The relation between structure and function*, «Hormones and Behavior», n. 55, 2009, 589–596.

<sup>174</sup> P.M., FITTS, *Perceptual-motor skill learning*, en A.W. Melton (compilación de), *Categories of human learning*, Academic Press, New York 1964, 243-285.

procedural en el movimiento de las piernas y pies en la pedalera del órgano, como lo muestra la gráfica. Esto demuestra, experimentalmente, que los procesos de aprendizaje procedural musical tienen una secuencia y deben desarrollarse en lapsos de tiempo. Así, se pudo determinar que, en un lapso de tiempo corto (40 min. en total), el desempeño ejecutivo de una habilidad mejora sensiblemente. Con esto último no se pretende afirmar, de ninguna manera, que el estudio de un instrumento musical se deba realizar en periodos tan cortos de tiempo, simplemente se plantea un paradigma: si es posible observar cambios tan dramáticos en el desempeño de una tarea motora en tan poco tiempo, ¿por qué nuestros estudiantes no reflejan esa mejoría de una semana a otra cuando los profesores revisamos las tareas semanales? A este respecto, es de considerar que probablemente las horas de estudio de un instrumento musical van directamente relacionadas con la calidad del estudio y no con la cantidad de tiempo, dejando entonces varios problemas a resolver por parte de los profesores: en cuanto a cómo lograr un estudio de calidad, cómo fortalecer los métodos de aprendizaje, cómo realizar una programación del entrenamiento sistemático o programático de las obras musicales a estudiar durante un ciclo escolar y si los programas de estudio por materia se encuentran relacionados con la adquisición de competencias<sup>175</sup>, entre otros. Se invita, entonces, a colegas y estudiosos interesados en estos temas a reflexionar en pro de hacer nuevos descubrimientos que nos permitan diseñar novedosas soluciones para el mejoramiento de la adquisición de memoria procedural musical.

### 5.3. Conclusiones

Este trabajo, por tanto, presenta la siguientes conclusiones:

- a) todos los sujetos obtuvieron un aprendizaje de una nueva tarea motora, como se observa de la curva de aprendizaje, infiriéndose que a nivel celular se verificaron modificaciones en las redes neuronales;

---

<sup>175</sup> Cfr. A. ZABALA – L. ARNAU, *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Graó, Barcelona 2007.

## CAPÍTULO QUINTO

- b) diez minutos diarios de entrenamiento de habilidades motoras musicales, dieron como resultado un aprendizaje significativo, que se puede observar a partir de la mejoría en el desempeño de la tarea asignada entre la primera y la última sesión;
- c) la realización de un ejercicio físico aeróbico moderado, no reportó ninguna diferencia significativa en el desempeño de la tarea motora musical;
- d) se encontró que no existen diferencias significativas entre géneros en cuanto al desempeño mostrado en la adquisición de habilidades motoras musicales;
- e) se verifica que el aprendizaje de habilidades motoras comienza con una gran componente declarativa y poco a poco se va transformando hacia la memoria implícita.

# **Apéndices**

## **Música y educación: un breve recorrido por la historia**

### *1. Qué entender por música*

Aproximarnos hoy al tema de la educación musical nos lleva a reflexionar acerca de diversos aspectos entorno a ella, desde el papel que desempeña en nuestra sociedad, sus medios y objetivos, hasta cuál ha sido su importancia dentro de la historia de Occidente.

Con frecuencia utilizamos la palabra “música”, olvidando a menudo su amplitud y complejidad, ya que esta falta de información nos impide poder generalizar las funciones que la música asume en las diversas culturas, sin correr el riesgo de construir jerarquías o de crear un relativismo simplista<sup>176</sup>. Dicha complejidad y dicha amplitud no nos permiten hacer juicios universales, dado que la música es una actividad que se desarrolla dentro de diferentes sociedades, culturas y épocas y, no obstante los esfuerzos que se han realizado hasta hoy a través de diversas disciplinas (por ejemplo, en busca del gen de la música), aún no se tienen respuestas certeras en cuanto a su origen.

---

<sup>176</sup> C. DALHAUS – H.H. EGGBRECHT, *Was ist Musik?*, Heinrichshofen, Wilhelmshafen 1985.

Es conveniente destacar que la adquisición de competencias musicales cultivadas frecuentemente no es otra cosa que distintas formas de comunicación para entrar en relación con otros miembros de una comunidad, y para ello, en general, se deberán realizar largos entrenamientos que posibilitarán al individuo a ejercitar actividades particulares. Por ejemplo, en algunas culturas, como la de los Nandi, en el Congo, la incapacidad de algún miembro de la comunidad de poder cantar y danzar lo convierte en un *omulimba*, es decir, en un hombre de menor valor<sup>177</sup>. Otras culturas, como los Dagomba, en Ghana, transmiten su historia de forma oral, a través del canto acompañado por tambores ejecutado por profesionales especializados que la memorizan<sup>178</sup>.

Recientemente, se ha estudiado un fenómeno de carácter universal denominado lenguaje LAN (lengua adaptada a los niños, o IDS, en sus siglas inglesas), que es el lenguaje con el que nos referimos a los niños, desde neonatos hasta aproximadamente los tres años. Este lenguaje utiliza características especiales, como son: un tono de voz más alto, mayor variación tonal, articulación exagerada de las vocales y las pausas (*hiperarticulación*), frases más breves y mayor número de repeticiones, y se ha descubierto que probablemente las redes neuronales del lenguaje se construyan a partir de las redes musicales<sup>179</sup> (ésta es una hipótesis de interés, muy difícil de comprobar) es decir, en referencia «[...] a una capacidad musical relativa a la regulación de las relaciones sociales y los estados emocionales»<sup>180</sup>, aquí, la importancia de la música dentro de la socialización y la adquisición del lenguaje.

## 2. Grecia y el Imperio romano

Para entender el significado de la palabra música, es preciso remontarnos en el tiempo a la antigua Grecia. *Música* es una palabra que deriva del término griego *mousiké* que significa “el arte de las Musas”<sup>181</sup>. La *mousiké*, en el siglo V a.C., no sólo se refería al arte de los

<sup>177</sup> M. DISOTEO, *Antropologia musicale per educatori*, Guerini, Milano 2001, 68.

<sup>178</sup> J.H. KWABENIA NKETIA, *The Music of Africa*, Norton, New York 197, 43.

<sup>179</sup> Cfr. S. MITHEN, *Los neandertales cantaban rap, los orígenes de la música y el lenguaje*, Editorial Crítica, Barcelona 2007, 105-106.

<sup>180</sup> *Ibid.*, 112.

<sup>181</sup> G. COMOTTI, *La musica nella cultura greca e romana*, Storia della Musica, Edizioni di Torino 1982, 5.

sonidos, sino que incluía a la poesía y a la danza, es decir, a la cultura que se manifestaba y difundía a través de ejecuciones públicas por medio de la palabra, la melodía y el gesto<sup>182</sup>, y, por tanto, no era un término simple, como tendemos a menudo a pensarlo en la actualidad. Gran parte de la información que ha llegado hasta nosotros acerca de la música en la Grecia clásica ha sido a través de diversas fuentes: a partir de los textos filosóficos, de los textos de la lírica y de objetos arqueológicos.

PARA PROFUNDIZAR

La música fue considerada por los griegos por una parte, como una de las disciplinas (parte de los mathémata, o quadrivium latino) que ayudaba a explicar los fenómenos de la naturaleza de la mano de la aritmética, la astronomía y la geometría plana y sólida y, por otra, como una expresión estética y de entretenimiento. Ahora bien, ¿por qué la música meritaba ser considerada con tal importancia? Puesto que la observancia de las normas y las leyes era una máxima, la formación del carácter y la disciplina del individuo debían cuidarse con gran detalle pues ya desde aquellos tiempos se reconocían los efectos de la música sobre las emociones humanas. Además, debemos recordar que la música no sólo era vista desde la praxis ejecutiva, sino desde las relaciones de los sonidos, es decir, desde la teoría musical a la cual tendrían acceso sólo los filósofos dialécticos destinados a regir al Estado<sup>183</sup>. Un importante ejemplo de la importancia de la música como parte de la cosmovisión, lo encontramos en los legendarios experimentos del filósofo Pitágoras de Samos (s. VI a. C.), quien veía al universo como una unidad ordenada, un sistema en donde las partes se mantienen unidas por medio de la armonía, o coordinación, en donde la llave del orden es el número.

Damone (s. V. a.C.), maestro y consejero de Pericles, quien fuera mandado al exilio posiblemente por haber inducido a este gobernante a la construcción del costoso Odeón, edificio cubierto para espectáculos de canto, sostiene en su doctrina basada en la psicología pitagórica que existe una identidad sustancial entre las leyes que regulan las relaciones entre los sonidos y aquellas que regulan el comportamiento del alma humana<sup>184</sup>.

---

<sup>182</sup> *Ibid.*

<sup>183</sup> Cfr. A. MERIANI, *Sulla musica greca antica*, Università degli Studi di Salerno, Salerno 2003, 13.

<sup>9</sup> A. BARKER, *Greek Musical Writings II: Harmonic and Acoustic Theory*, Cambridge University Press 2004, 28.

<sup>184</sup> G. COMOTTI, *La musica nella cultura greca e romana*, EDT, Torino 1982, 32.

Platón (427/428-347 a.C.), dentro del libro III de *La República*, expone las características de su ideal educativo; de hecho, hace una crítica severa al uso indiscriminado de varios géneros musicales y de instrumentos que pudieran ser causa de turbación en la educación de los jóvenes<sup>185</sup>, lo que confirma la importancia que la música tenía dentro de la educación. La etapa preliminar de la educación a la que Platón se refiere en este diálogo, debía culminar con el estudio de los mathémata (aquello que se puede aprender, disciplinas), que comprendían a la aritmética, la geometría y la estereometría, la armonía (entendida como teoría musical) y la astronomía (tessáres méthodoi)<sup>186</sup> como áreas de estudio. Otro gran filósofo, Aristóteles (384-322 a.C.) expuso en su libro V de *la Política*,<sup>187</sup> las condiciones y elementos que la educación en su ideal, *La Ciudad Perfecta* debería tener, dedicando 4 capítulos en lo que se refiere a la música como elemento fundamental educativo<sup>188</sup>, planteando tres cosas fundamentales: a) que la música es uno de los medios para llegar a alcanzar la virtud, b) que ésta influencia el alma a un placer noble y puro, y c) que procura descanso a la inteligencia contribuyendo a perfeccionarla y, por lo tanto, afirma su necesaria inclusión dentro de la educación.

Un autor que frecuentemente pasa desapercibido, y que sin embargo transmitirá al mundo latino las teorías pitagóricas, fue Nicómano de Gerasa (60-120 d.C.), quien en su obra intitulada *Introductio arithmetica* demuestra la unidad y carácter indispensable de las cuatro disciplinas griegas para alcanzar la sabiduría, es decir, la contemplación del intelecto divino. Esta importante obra será compilada y traducida al latín en el s. IV por Anicio Manlio Severino Boecio con el título de *De institutione arithmetica*, de quien hablaremos más adelante.

Aristides Quintiliano (siglo II d.C.) es un autor del que poco se sabe, y forma parte de los estudiosos de la transición del mundo clásico hacia el medioevo. Su obra *Acerca de la Música*, dividida en tres libros, trata de abarcar todos los aspectos de la música, desde la definición del concepto música, los elementos que la conforman, la voz y sus regiones, los sonidos, los intervalos, la modulación y la melopeya, los géneros, el tono, y las cuestiones rítmicas y métricas (define *arsis* y *thesis*) en su libro I, pasando por las relaciones entre el alma y la música y sus virtudes educativas en el libro II, hasta la justificación matemática de la música en el III.

---

<sup>185</sup> PLATÓN, *La República*, libro III, 398c-399d,

<sup>186</sup> Cfr. G. RICO, *La formazione musicale nell'ambito del Quadrivium*, en J.-J. Nattiez (compilación de), *Enciclopedia della musica*, Einaudi, Torino 2002, vol. IV, 118.

<sup>187</sup> ARISTÓTELES, *La Política*, libro V.

<sup>188</sup> El libro V de *La Política* de Aristóteles constituye sin duda uno de los textos principales de los principios de la educación. Basta leer las primeras líneas donde dice textualmente: «No puede negarse, por consiguiente, que la educación de los niños debe ser uno de los objetos principales de que debe cuidar el legislador» para entender que, como lo explica más adelante «[...] la educación debe ser necesariamente una e idéntica para todos sus miembros, de donde se sigue que la educación debe de ser objeto de una vigilancia pública y no particular [...]».

3. *El mundo medieval, el Renacimiento y la Nueva España*

El mundo Medieval, obedeciendo a la tradición del mundo greco-romano, mantuvo en parte los modelos educativos clásicos; sin embargo, el estudio de la música se insertó en un contexto, junto con los *mathémata*, para explicar las leyes que regulan el cosmos, de manera que la importancia de su estudio no se relacionó más con la educación de los jóvenes, como lo había sido en Atenas el aprendizaje de la virtud, ni tampoco con una praxis ejecutiva o compositiva<sup>189</sup>.

## PARA PROFUNDIZAR

San Isidoro de Sevilla, (c. 560 – 636; recientemente nombrado patrono de Internet), en el libro III referente a la Matemática, de su obra *Etymologiarum sine originum libri XX*, sostiene que «La música es una disciplina que habla de los números que se encuentran en los sonidos» («Musica est disciplina quae de numeris loquitur, qui inveniuntur in sonis»), y más adelante, en su apartado XVII (Las facultades de la música), dice: «Sin la música ninguna disciplina puede ser perfecta porque ninguna es sin ella» («QVID POSSIT MUSICA. Ita que sine Musica nulla disciplina potest esse perfecta, nihil enim sine illa»).

Los textos de Severino Boecio (Anicio Manlio Torquato Severino Boecio, perteneciente a la gens Anicia; Roma, 480 – Pavia, 525 o 526?) constituirán sin duda una fuente de inspiración para el mundo medieval. Se piensa que escribió cuatro tratados, cada uno concerniente a una de las disciplinas del *tessáres méthodoi* del mundo griego, término que él mismo tradujo como *quadrivium*. Hasta nosotros, sólo han llegado dos de sus obras: *De institutione arithmetica* y *De institutione musica*, lo que nos hace especular acerca de la existencia de otros dos tratados, uno concerniente a la geometría y otro a la astronomía. Será a partir del texto *De institutione aritmética*, y durante todo el Medioevo, que la música quedará insertada dentro del estudio del *quadrivium* (aritmética, geometría, astronomía, música) que, según palabras del mismo Boecio, es la vía cuádruple que conduce a la sabiduría y la filosofía verdadera. Probablemente, el término *quadrivium*, fundamento del modelo educativo medieval<sup>190</sup>, fue acuñado por Boecio y, en conjunto con las disciplinas del lenguaje, el *trivium* (gramática, retórica y dialéctica), formaron las siete artes liberales. De *institutione musica*, el otro de los tratados de Boecio que ha llegado hasta nuestros días, presenta y

<sup>189</sup> Cfr. G. RICO, *op. cit.*, 118-129.

<sup>190</sup> Cfr. *ibid.*

fundamenta la teoría armónica pitagórica, compila los principales textos de Ptolomeo y Nicómano de Gerasa<sup>191</sup> y trata el concepto de música más allá del fenómeno puramente sonoro, ya que la música involucra la especulación y la moralidad<sup>192</sup>. Para Boecio, la música se divide en tres grandes géneros: la música mundana, o música de las esferas, que según las creencias pitagórico-platónicas se refiere a la música que no es audible producida por los cuerpos celestes, las estaciones y por todo aquello que es cíclico y ordenado en la naturaleza; la música humana, metáfora que explica las relaciones armónicas entre cuerpo y alma, y, por último, la música instrumental, aquella que se ejecuta mediante un instrumento de cuerda, de aliento o de percusión<sup>193</sup>.

El tratado en forma de diálogo, *Musica Enchiriadis*, del siglo X atribuido a Hucbald de Saint-Amand, pero posiblemente escrito por Oddone de Cluny, aparece como un texto diferente a los escritos con anterioridad, pues éste se encuentra más bien encaminado a la preocupación de la enseñanza práctica de la música que a cuestiones puramente teóricas<sup>194</sup>.

El desprecio por las artes manuales y, por tanto, de la praxis ejecutiva de la música que había imperado durante la antigüedad, y que sin duda había recibido una fortísima sentencia con Guido d'Arezzo en su *Regulae Rhythmicae*, en la que hace una tajante distinción entre quién hace la música y quién sabe la música: «Musicorum et cantorum magna est distantia, isti dicunt, illi sciunt quae componit musica. Nam qui facit, quod non sapit diffinitu bestia» («Es muy grande la distancia entre el músico<sup>195</sup>, y el cantor, los primeros saben las cosas que constituyen la música, los segundos solo cantan. Aquellos que hacen lo que no saben pueden ser definidos como bestias»), tendrá finalmente una conciliación con Johannes de Tinctoris (c. 1435-1511), quien probablemente fue el primero en comenzar tal empresa con su obra titulada *Liber de arte contrapuncti*, de 1447, en la que, poniendo en tela de juicio los preceptos de muchos filósofos acerca de la *musica mundana* o de las esferas, afirma categóricamente que concuerda con Aristóteles, sus comentaristas y los más

---

<sup>191</sup> Cfr. *ibid.*

<sup>192</sup> S. BOEZIO, *De Musica*, edición compilación de D. Damerini, Fussi, Firenze 1949, libro I, capítulo I.

<sup>193</sup> E. FUBINI, *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Einaudi, Torino 1976, 73-74.

<sup>194</sup> Cfr. *ibid.*, 83

<sup>195</sup> El término "músico" para Guido d'Arezzo se refiere a quién sabe las cosas relacionadas con la música, no a quién la interpreta, diferenciándose así del significado actual.

<sup>22</sup> M. GERBERT, *Scriptores Ecclesiastici de Musica Sacra Potissimum*, volumen II, 25. Cfr. también E. FUBINI, *op. cit.*, 87.

recientes filósofos al creer firmemente que se ha demostrado con toda evidencia que en el cielo no existe sonido ni en potencia ni en acto.

Los nuevos cambios sociales que dieron origen al Renacimiento influyeron en la reconciliación del músico teórico-filósofo y el músico práctico, como se puede observar a partir del ya mencionado *Liber de arte contrapuncti* (1477) de Johannes de Tinctoris, quien probablemente fue el primero en dar comienzo a la nueva corriente que reconciliaría la teoría con la praxis. Estos cambios sociales que durante el s. XV habían logrado «[...] elevar al artista de la condición de artesano pequeño burgués a aquella de trabajador intelectual libre»<sup>196</sup>, dieron lugar también al desarrollo de la identidad individual, de manera que el artista dejaría de formar parte de las corporaciones para hacerse de un prestigio por sí mismo, en donde su nombre otorgaría el sello de calidad del trabajo, saliendo así del anonimato. Es claro que con este tipo de cambio, a través de la calidad de las obras realizadas por el artista, éste será asumido en un sistema de patronazgo o mecenazgo, pasando de un sistema casi feudal a uno de tipo mixto: feudal-libre mercado<sup>197</sup>.

Una importante contribución a la educación musical, que en general pasa desapercibida, o no se toma en cuenta por no pertenecer a escritos provenientes de la Europa occidental o de los Estados Unidos de América, y que sería un interesante tema de estudio, son los escritos que dejaron los colonizadores de la Nueva España, algunos de ellos bilingües (castellano-náhuatl) en relación a la transmisión de conocimiento. Como ejemplo, tenemos la *Historia de los indios de la Nueva España*, de fray Toribio de Benavente, mejor conocido como “Motolinía” (el pobre) en donde explícitamente se reconoce la importancia de la música como fuente evangelizadora del nuevo mundo. Podemos observar que el modelo educativo que se impartió en el colegio de la Santa Cruz de Santiago Tlatelolco seguía el mismo modelo medieval educativo que ya hemos mencionado anteriormente (el *trivium* y el *cuadrivium*), de manera que los hijos de la nobleza indígena se instruirían bajo los mismos estándares que en la Europa de la época. Por cierto, ésta fue la primera institución de educación superior en América planeada por Sebastián Ramírez de Fuenleal y García de

---

<sup>196</sup> A. HAUSER, *Sozialgeschichte der Kunst und Literatur*, C.H. Beck, Manchen, 1951, 34.

<sup>197</sup> J. FREDERICKSON – J.F. ROONEY, *How the Music Occupation Failed to Become a Profession*, «International Review of the Aesthetics and Sociology», 1990, 245-256.

Cisneros con el apoyo de Antonio de Mendoza, primer virrey de la nueva España, y fray Juan de Zumárraga, primer arzobispo de México (1528 a 1548), y fundado el 6 enero de 1536, curiosamente el día de la Epifanía, según el erudito historiador Joaquín García Icazbalceta, como analogía perfecta para la conversión de los indígenas, ya que era el día en que Jesucristo se revelaba al mundo por lo que, de la misma manera, la apertura de un centro educativo era una invitación hacia la conversión al cristianismo. Fray Juan de Zumárraga, en una carta dirigida al Rey Carlos I de España, datada el 17 abril de 1540, escribió “Los indios son grandes amantes de la música, y el religioso que escucha sus confesiones nos ha dicho que ellos se han convertido más por la música que por las prédicas, y nosotros podemos ver cómo de distantes regiones vienen a escucharla”<sup>198</sup>.

#### 4. *Florilegio Musical: el Barroco*

Los métodos escritos hasta finales del s. XVIII durante el periodo Barroco se presentaron básicamente bajo tres aspectos: una parte se fundamentó en la didáctica de un amplio espectro de nociones basales de la música, como notación, tempo, ritmo, contrapunto, dedicándose después al estilo y sólo eventualmente presentaban ejemplos con verdaderas composiciones. A esta categoría pertenecen sobre todo algunos compendios con miras al aprendizaje de varios instrumentos musicales y del canto. Un buen ejemplo lo podemos encontrar en la obra de Bartolomeo Bismantova llamada *Compendio musicale* (1677), o en *L'art de toucher le clavecin* (1716) de François Couperin. Otra parte, se ocupó de sugerir la manera de cómo completar las obras agregando varios tipos de ornamentación (los llamados tratados de *diminuzioni* o *passaggi*) como se puede observar de algunas obras redactadas en el 1500 destinadas a la vocalidad, como la de Giovanni Battista Bovicelli (*Regole, passaggi di musica, madrigali et motetti passeggiati*, Venecia 1594), u otras para instrumentos, como el *Tratado de glosas* de Diego Ortiz (Roma 1553), la obra intitulada *Fontegara* de Silvestre Ganassi da Montego (Venecia 1535) o *Il vero modo di diminuir con tutte le sorti di stromenti* de Girolamo della Casa (Venecia 1584). Un tercer tipo consistió

---

<sup>198</sup> F.L.L. HARRISON, *The Musical Impact of Exploration and Cultural Encounter*, en M.L. Mark (compilación de), *Music education, Source Readings from Ancient Greece to Today*, Routledge, New York 2008, 33.

en antologías de composiciones precedidas de un prólogo que trataba de poner en evidencia el valor didáctico de las mismas. A esta última categoría pertenecen obras de compositores de alto nivel, como es el caso de las *Inventionen und Sinfonien* de Johann Sebastian Bach (la versión del 1723 se encuentra precedida de una *Aufrichtige Anleitung*<sup>199</sup>), o su *Clavier-Büchlein vor Wilhelm Friedemann* (Cöthen 1722, en el cual Bach inserta una *Explication unterschlidicher Zeichen* para explicar los signos de adornos y una *Applicatio* para introducir al destinatario al arte de la digitación), para no hablar de la *Clavierübung* (que traducida literalmente significa «ejercicio para teclado»<sup>200</sup>), publicada en varias partes y en momentos diversos.

#### PARA PROFUNDIZAR

Los grandes métodos del 1700 abundan en ejemplos, pero son totalmente faltos de ejercicios graduales. El sexto capítulo del conocido tratado de Johachim Quantz<sup>201</sup> contiene una sugerencia de «Cómo usar la lengua al soplar en la flauta», que representa seguramente una enseñanza técnica; en el mismo texto, encontramos una cantidad no indiferente de sugerencias estéticas, que van de las simples diminuzioni (capítulo décimo segundo) a complejas arquitecturas adjuntas con las cuales, según Quantz, se deberían tocar algunos Adagi (capítulo décimo cuarto, § 24), hasta consideraciones acerca de «Cómo un músico y una composición musical deben de ser criticadas» (capítulo décimo octavo). En el mismo tenor, se encuentra la obra didáctica para violín de Leopold Mozart<sup>202</sup>. En la segunda parte de la introducción de su *Violinschule*, trata acerca del origen de la música y de los instrumentos musicales. Con ello, podemos ver que las referencias de los mitos clásicos de los orígenes no habían sido aún removidos, pero lo novedoso es el hincapié

---

<sup>199</sup> El texto dice: «Reconocida enseñanza, con la cual se quiere mostrar al apasionado del teclado, pero especialmente a quien está deseoso de aprender, una manera segura para aprender a tocar a 2 voces, más, con ulteriores progresos, a tocar bien y correctamente a 3 partes obligadas, obteniendo al mismo tiempo buenos temas, pero también a bien desarrollarles y, sobre todo, a adquirir un modo cantable en la ejecución además de un sólido gusto por la composición. Escrito por Joh. Seb. Bach, maestro de capilla en la corte del príncipe de Anhalt-Cöthen. Año del Señor 1723». Otro texto que denota claramente los intentos pedagógicos es la introducción a los cuarenta y cinco (cuarenta y seis, si se tiene en cuenta la doble versión de *Liebster Jesu*) corales del *Orgel-Büchlein* (BWV 599-644), con los cuales, dice Bach: «los estudiantes de órgano vendrán introducidos en el arte de componer en todos los modos un coral, viniendo contemporáneamente educados a tocar con los pedales, que en cada uno de estos corales son usados como parte obligada».

<sup>200</sup> Análogamente a otros ciclos de composiciones, como el de Georg Andreas Sorge (1703-1778).

<sup>201</sup> J.J. QUANTZ, *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen [...]*, Johann Friedrich Voss, Berlin 1752.

<sup>202</sup> L. MOZART, *Versuch einer gründlichen Violinschule [...]*, Johann Jakob Lotter, Augsburg 1756.

que hace en las digitaciones (*passim*), posiciones y empuñadura del arco (capítulo segundo), tipos de arcada (capítulo séptimo), realización y exacta colocación de los adornos (capítulo noveno), dedicando al trino un capítulo completo, el décimo. Los escritos que tratan acerca de los teclados en Alemania fueron muy amplios: debemos aquí incluir tanto la metodística del bajo continuo (que va entendida también como enseñanza de la composición), como aquella específica para la ejecución, aunque sí existen casos en los que se compendian ambas cosas, como el célebre ensayo de Carl Philipp Emmanuel Bach, publicado en dos partes distintas a distancia de nueve años<sup>203</sup>. El texto de Daniel Gottlob Türk<sup>204</sup> constituye, por su parte, junto con la obra de C. Ph. E. Bach, las fuentes más importantes para comprender la técnica de los teclados en uso en la segunda mitad del 1700. La *Clavierschule* de Türk no contiene ejercicios, pero abunda en ejemplos acerca de una entera gama de posibilidades y de problemas que el clavecinista y los primeros pianistas debían afrontar: desde las digitaciones (segundo capítulo), pasando por la ejecución de los adornos (tercero, cuarto y quinto capítulos), hasta la “declamación” (*Vortrag*), argumento que está puesto a manera de conclusión del amplio texto (que consta de más de 400 páginas). Otro ejemplo que por su importancia fue inclusive traducido del italiano al inglés y al alemán, es el texto de Pier Francesco Tosi<sup>205</sup>, tratado de canto, que fue probablemente el más difundido en Europa. En él tampoco aparecen ejercicios a la manera moderna, abundando en cuestiones relacionadas con la enseñanza del canto («*Osservazioni per chi in segna a un soprano*»), de la ornamentación («*Dell'appoggiatura*», «*Del trillo*», «*Del passaggio*») y de las formas musicales principales («*Delle Arie*», «*Delle Cadenze*»).

##### 5. *Herederos de la Revolución francesa y la Revolución Industrial*

A inicios del s. XIX, según la reflexión de Pierre-Michelle Menger en su ensayo *Sociologie et Anthropologie*<sup>206</sup>, el mercado musical era balanceado por tres factores: a) la producción lírica era preponderante sobre la instrumental a causa de los mayores beneficios que ésa

<sup>203</sup> C.PH.E. BACH, *Versuch über die wahre Art das Klavier zu Spielen [...]*, Christian Friedrich Henning, Berlin 1753; *Versuch über die wahre Art das Klavier zu Spielen [...]*, *zweite Theil*, George Ludwig Winter, Berlin 1762.

<sup>204</sup> D.G. TÜRK, *Clavierschule, oder Anweisung zum Klavierspielen für Lehrer und Lernende mit Critischen Anmerkungen*, Leipzig-Halle 1789.

<sup>205</sup> P.F. TOSI, *Opinioni de' cantori antichi e moderni*, Lelio della Volpe, Bologna 1723. La traducción en inglés, *Observations on the florid song or sentiments of the ancient and modern singers*, fue publicada en Londres en 1742; en alemán, *Anleitung zur Singkunst*, fue compilada por Johann Agricola y publicada en Berlin en 1757.

<sup>206</sup> P.-M. MENDER, *Sociologie et Anthropologie*, Presses Universitaires de France, Paris 1983. La reflexión en cuestión retoma el bien conocido libro de Émile Durkheim y se intitula *De la division du travail musical* (365-388).

ofrecía; b) la evolución del lenguaje musical era relativamente lenta; y c) las obras que se consumían eran fundamentalmente compuestas en el mismo periodo de tiempo en el que se ejecutaban. A partir de la segunda mitad de ese siglo la división del trabajo musical sufrirá un cambio radical por el imperativo de la innovación que se convertirá en la norma de la composición. Por otra parte, los empresarios de esta época, en su afán de no arriesgar sus capitales invertidos en la producción musical, con frecuencia recurrieron a los repertorios del pasado que les aseguraban un margen de ganancias, por lo que los compositores dejaron su actividad productiva en un segundo plano para dedicarse a montar las obras de “repertorio” que les aseguraban el sustento, y en el arco de poco menos cien años se refugiaron en el mundo de la enseñanza.

#### PARA PROFUNDIZAR

Por este motivo, con el Romanticismo los “tratados” se convertirán en “métodos”, de manera que los temas que anteriormente se referían a cuestiones estilísticas, pasarán a ser explicaciones para la adquisición de técnica, ya sea, instrumental o vocal. Este importante cambio coincide con la introducción de repertorios del pasado<sup>207</sup> dentro del consumo musical al inicio del s. XIX (existieron algunas excepciones aisladas como la Academy of Ancient Music que operó en Londres en el s. XVIII), lo que significa que la música contemporánea (música de la misma época) sería desplazada por la de periodos anteriores, cosa que en épocas pasadas era simplemente impensable. Pero, ¿cuál era el significado del término Méthode? Hasta el Clasicismo, el “método” era un tratado en donde se exponían y formalizaban las dificultades que el ejecutante encontraba en el camino de la comprensión de la obra musical, empujándolo a co-construirla de modo justo; dicho de otra manera, el método pre-romántico no se limitaba a la resolución de problemas técnicos, sino a formar una conciencia analítica en el alumno que le permitiera cooperar en el proceso productivo de la obra, completándola con la ornamentación justa (disminuciones, passaggi, glosas, Verzierungen, etc.), insertando la articulación apropiada, las dinámicas correspondientes al significado de las frases, etc. De manera contraria, el método romántico y post-romántico se presenta con una serie de “estudios” (Studien, études) que aíslan, por decirlo de alguna manera, una dificultad técnica, proponiendo ésta como la base de pequeñas composiciones de manera elegante: podemos pensar en la gimnasia

---

<sup>207</sup> W. CRUTCHFIELD, *Function, Conviction, and Performance Style*, en N. Kenyon, *Authenticity and Early Music*, Oxford University Press Oxford-New York 2002, (primera edición, 1988), 19-26.

pianística de Charles-Louis Hanon, Karl Tausig, Johann Pischna, o en los ejercicios de Carl Czerny. En lo que se refiere a los Ejercicios (así vienen denominadas las únicas composiciones para clavicémbalo de Domenico Scarlatti, y publicadas entre 1738 y 1739<sup>208</sup>) y las Lessons, se trata de la llegada de la cultura romántica: verdaderas y propias composiciones en las cuales el intento pedagógico se acoge sólo teniendo presente su valor estético y los contenidos que éstas transmiten como experiencias ejecutivas, prescindiendo de su nivel de dificultad. Así, aparecieron obras como los XII Solos for a Violin or Flute [...] which Solos are Proper Lessons for the Harpsichord, publicados en Londres por Francesco Mancini (1672-1737) y una serie sistemática de lessons, obra que probablemente fue la primera publicada de su tipo, de James Nares<sup>209</sup>.

El Romanticismo representa, sin duda, un cambio importante en la historia occidental, ya que es el momento en el que se comienza no tanto a afirmar la relatividad de las diversas culturas histórico-geográficas sino a negar la eternidad en la universalidad de las expresiones artísticas propuestas por el clasicismo. El incremento de métodos en el 1800 se puede justificar de múltiples razones. En primer lugar, durante ese siglo la clase media se desarrolla, y comienza a cultivar intereses artísticos incluidos los musicales en su afán de acercarse a la clase alta. Dada esta sed por la adquisición de competencias musicales, el piano, como instrumento doméstico, comenzó a tener gran éxito, no sólo por el interés artístico en sí de esta boyante clase social, sino porque la posesión de un instrumento de este tipo le otorgaba a la familia un mayor status, es decir, un objeto de gran valor que la hacía más competitiva, en pocas palabras más rica. Por otra parte, la circulación de partituras debida a una floreciente industria tipográfica editorial, favoreció el consumo de música impresa en el ámbito doméstico y dejó desarrollar una gran cantidad de *amateurs*, o aficionados, que deseaban dedicarse, siempre con mayor competencia, a las ejecuciones no públicas. Para adquirir entonces las competencias musicales, era necesaria la adquisición de habilidades específicas, es decir, una forma de saber que Pierre Bourdieu<sup>210</sup> define como

---

<sup>208</sup> Cfr. R. KIRKPATRICK, *Domenico Scarlatti*, Princeton University Press, Princeton 1983, 402.

<sup>209</sup> Se trata de los *Eight setts of Lessons* publicados en Londres de Jonh Johnson, en 1747 y de otro ciclo de tres *setts* que se encuentran perdidos. Cfr. W. SHAW, *James Nares*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, McMillan, London 1980, vol. 13, 38-39.

<sup>210</sup> P. BOURDIEU, *La distinction: critique social du jugement*, Les éditions de Minuit, Paris 1979.

*capital cultural*<sup>211</sup>. Esta exigencia entró en el sistema educativo general a través del cual la sociedad tendía a reproducirse, esto es, a mantener sin alteración las diferencias sociales ofreciendo ventajas a los aventajados y desventajas a los desaventajados. En este sentido, probablemente a través de una lectura excesivamente radical y pesimista, Bourdieu y su escuela parisina han afirmado que la reproducción cultural no es otra cosa que un instrumento para la reproducción social<sup>212</sup>. No podemos olvidar que la producción automatizada, repetida, concentrada y optimizada que caracteriza la industrialización, durante el 1800 comienza a ocupar un puesto relevante y estructural en la economía, de manera que también los métodos de enseñanza musical entraron en esa dinámica.

#### PARA PROFUNDIZAR

Dos fenómenos no menos importantes se dieron cita en este periodo Romántico: por una parte, el compositor que anteriormente era también el mismo ejecutante se parte en dos, puesto que la figura compositor-ejecutante se ve seccionada y, por otra, como lo demuestra Philippe Gumpłowicz<sup>213</sup>, muchos ilustres compositores románticos, como Daniel Auber, Jacob Meyerbeer y Charles Gounod, que en Francia se dedicaban a componer música para los amateurs, después de 1850 abandonaron rápidamente esta actividad, pues pensaron que los grupos amateurs no deberían recibir más su atención, ya que, según Theodor Wiesengrund Adorno (1903-1969), los compositores de fines de 1700 habrían sido animados a producir también música fácil y específica para ese mercado dada la desaparición del mecenazgo<sup>214</sup>. El creciente número de aficionados cultivados de las familias aristócratas y burguesas, comenzaron a requerir de una figura específica para la enseñanza de la música, siendo éste el nacimiento del moderno maestro de música. Por otra parte, el incremento en la exigencia de la profesionalización de los músicos, dio paso a la institucionalización de la enseñanza a través de las Academias y Conservatorios, que ya tenían un antecedente en los Conservatorios italianos, los cuales literalmente tenían la función de

---

<sup>211</sup> El *capital cultural* es, según Bourdieu, el saber transmitido a través de todos los agentes de formación (escuela, familia, iglesia, amigos, etc.) que es distinto del *capital escolar* que se refiere, en cambio, sólo al título de estudio otorgado por una institución académica.

<sup>212</sup> P. BOURDIEU – J.-C. PASSERON, *La reproduction. Eléments pour une théorie du système d'enseignement*, Les Editions de Minuit, Paris 1970.

<sup>213</sup> PH. GUMPOWICZ, *Les travaux d'Orphée. 150 ans de vie musicale amateur en France: harmonies, chorale, fanfares*, Aubier, Paris 1987. Cfr. también la edición ampliada, *Les travaux d'Orphée. Deux siècles pratique musicale amateur en France (1820-2000): harmonies, chorale, fanfares*, Aubier, Paris 2001.

<sup>214</sup> TH.W. ADORNO, *Einleitung in der Musiksoziologie. Zwölf kurze Vorlesungen*, Surkamp, Frankfurt am Main 1962, 23-25.

acoger (conservar) a los huérfanos y a los abandonados en las iglesias, pasando de ser orfanatos, con una educación general de artes y oficios, a ser centros prestigiosos de formación y perfeccionamiento de las profesiones musicales<sup>215</sup>.

#### 6. *El siglo XX: descubrimientos y transformaciones*

El siglo XX, caracterizado por diversos eventos de trascendencia mundial, como lo fueron las dos guerras mundiales, los movimientos políticos encontrados (capitalismo vs. comunismo), la Guerra Fría, las revoluciones de carácter social, tanto en América Latina como en África, el desarrollo económico de Oriente y su influencia en la economía Occidental, el desarrollo científico y tecnológico, los medios masivos de comunicación, la globalización y la cultura de las masas, transformó radicalmente el enfoque de la educación. Un nuevo modelo de educación, llamado Educación Nueva, fue un movimiento que tuvo sus orígenes en diversos puntos de Europa y América, según lo señala James Bowen en su obra *Historia de la educación occidental*. El movimiento europeo nace de manera privada, comenzando en Inglaterra y extendiéndose al resto de Europa a partir de la necesidad de renovaciones religiosas espirituales y pedagógicas, incorporando aspectos del pensamiento científico<sup>216</sup>. En América, estrictamente en Estados Unidos, el enfoque se fundamentó en la corriente filosófica del pragmatismo, el que se propagó en un principio en universidades y luego fue adoptado por maestros de escuelas públicas hasta la formación de la sociedad de educación progresista.

#### PARA PROFUNDIZAR

Entre los precursores e inspiradores de este nuevo movimiento de educación, podemos encontrar a Rousseau, Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), Friedrich Wilhelm August Fröbel (1782-1852), Granville Stanley Hall (1884-1924), y William James (1842-1910), entre muchos otros. Según lo expresa Clara Inés Stramiello, el movimiento de

---

<sup>215</sup> Cfr. G. COLARIZI, *Scuole musicali*, en A. Basso (compilación de), *Dizionario Enciclopedico della Musica e dei Musicisti*, UTET, Torino, parte primera, *Il lessico*, vol. IV, 260-261.

<sup>216</sup> C.I. STRAMIELLO, *La problemática educativa de América latina a través de las conferencias iberoamericanas de educación*, «Revista española de educación comparada», n° 9, 2003, 193-218.

educación nueva es difuso en cuanto a sus límites y representantes, pero presenta características comunes: el paidocentrismo, la actividad del educando (sobre todo la psicomotriz), la consideración de los intereses infantiles, la espontaneidad y la socialización<sup>217</sup>. Como podemos observar, durante este periodo histórico se descubrirá a la niñez como ente diferenciado, con necesidades diversas, tanto físicas como psicológicas, y bien distinto de la adultez. Este descubrimiento dio por resultado una atención especial a esta parte de la población que en periodos históricos anteriores había sido considerada solamente como un grupo de "adultos en miniatura" o como una etapa de incesante preparación hacia la madurez, careciendo de valor en sí misma. María Montessori (1870-1952), doctora en medicina, representa, sin duda, uno de los pilares del nuevo cambio educativo. Dada su dedicación a la psiquiatría de las enfermedades mentales de la infancia, en 1899, fue nombrada directora de una escuela estatal destinada a la formación de maestros y a la observación y la educación de débiles mentales. Sus estudios la llevaron a la publicación de algunas obras como la auto-educación en las escuelas elementales (1916), donde plantea y promueve la utilización de sus métodos y El método de la pedagogía científica aplicado a la educación infantil en la casa de los niños (1909), documento en el que expone sus experiencias de la Casa dei Bimbi, institución fundada en 1907, en un principio de carácter social, de la que luego se desprendió la escuela para niños de tres a seis años que no podían ser atendidos por sus padres durante el día. Aquí, aplicó los métodos que había utilizado con subnormales mentales, esta vez, a niños normales: el niño trabaja y realiza ejercicios que contribuyen a su desenvolvimiento, siendo el trabajo voluntario y en relación con sus necesidades naturales. Otro exponente muy importante de la nueva educación fue John Dewey (1859-1952), ferviente opositor a la educación tradicional, profesor en la Universidad de Columbia, quien escribió algunas obras de carácter pedagógicas, como: Mi credo pedagógico, Escuela y sociedad, La escuela y el niño, Cómo pensamos, y Democracia y educación (1916). Dewey propone que a través de la educación se minimizarían los conflictos sociales, tanto locales como internacionales. La escuela debería de ser un taller en donde el niño pudiera construir, crear e indagar activamente, ya que el concepto principal relacionado con la teoría del conocimiento es "experiencia", dando inicio a la llamada educación progresiva; de aquí su relación con la corriente filosófica de finales del siglo XIX en los Estados Unidos llamada pragmatismo, representada por Charles Sanders Peirce y William James, que insiste en las consecuencias como manera de caracterizar la verdad o significado de las cosas, rechazando la existencia de verdades absolutas.

---

<sup>217</sup> *Ibid.*

Otros autores se dedicaron a importantes investigaciones en el plano psicopedagógico, como Alfred Binet (1857-1911), Ovide Decroly (1871-1932) y Edouard Claparède (1873-1940), quienes sostenían que tanto la psicología experimental como la psicología de la edad evolutiva, tenían grandes implicaciones en la pedagogía<sup>218</sup>. Binet, por ejemplo, junto con Theodore Simon (1872-1961), desarrollaron una escala de medición y valoración del cociente intelectual, que en 1912 sería denominada *intelligence-quotient*, conocida por su abreviación IQ, acuñada por el psicólogo alemán William Stern (1871-1938), mediante la utilización de una serie de reactivos diseñados expresamente en base a las diversas edades mentales determinadas estadísticamente<sup>219</sup>.

Jean Piaget (1896-1980), biólogo nacido en Suiza, transcurrió su vida estudiando la naturaleza del pensamiento. A partir de la observación del crecimiento y desarrollo de sus hijos, Piaget descubrió el desarrollo espontáneo de una inteligencia práctica que se basa en la acción, formada a partir de los conceptos iniciales que el niño tiene de los objetos del espacio, del tiempo y de sus causas. Según Piaget, los principios de la lógica comienzan a desarrollarse antes que el lenguaje y se generan a través de las acciones sensoriales y motrices del bebé en interacción con el medio. En sus estudios de epistemología genética (estudio de la génesis o los orígenes del conocimiento) estableció una serie de estadios sucesivos en el desarrollo de la inteligencia: 1) Estadio sensorio-motor (que va desde el nacimiento hasta los dos años de edad); 2) Pre-operacional o de la inteligencia intuitiva, etapa egocéntrica y del juego simbólico (de los dos a los siete u ocho años); 3) Operacional concreto, inicios de la lógica, de los sentimientos morales y sociales de cooperación (de los siete u ocho a los once o doce), y 4) Operacional formal o de las operaciones intelectuales abstractas, la formación de la personalidad y la inserción intelectual y afectiva en la sociedad adulta (a partir de los once o doce años)<sup>220</sup>.

Así como Piaget pertenece a la corriente del constructivismo<sup>221</sup> cognitivista, a Lev Vygotsky (1896-1934), filósofo y psicólogo ruso, se le asocia con la corriente del

---

<sup>218</sup> R. MASSA, *Istituzioni di pedagogia e scienze dell'educazione*, Editori Laterza, Roma 1997, 168.

<sup>219</sup> *Ibid.*

<sup>220</sup> H. BRINKMANN, *Apuntes de Psicología del Desarrollo*, Departamento de Psicología, Universidad de Concepción, Chile 1985.

<sup>221</sup> El constructivismo es una corriente que afirma que el individuo adquiere conocimiento a través de su propio proceso mental y se modifica de acuerdo con la interacción con el medio.

constructivismo social. Vygotsky propone tres fundamentos básicos en el aprendizaje: *a)* la construcción de significados en donde el entorno social y la comunidad juegan un papel preponderante, *b)* los instrumentos para el desarrollo cognoscitivo y *c)* la zona de desarrollo próximo, que es la diferencia entre las habilidades que un niño posee y las que puede llegar a desarrollar a través de una guía, ya sea de un adulto o de un compañero más competente<sup>222</sup>.

Al voltear la mirada hacia los niños, de acuerdo a las teorías psicopedagógicas que se estaban fraguando en la época, se abrieron las puertas a varios tipos de métodos de iniciación musical: Emile Jacques-Dalcroze (1865-1950), nacido en Viena y radicado en Ginebra, Suiza, propuso un método basado en la idea de que la música se debe experimentar física, mental y espiritualmente, teniendo como metas principales el desarrollo del oído interno y el establecimiento de una relación consciente entre mente y cuerpo para poder llegar al control en la ejecución musical. El origen de este método tuvo sus bases en la problemática que presentaban los alumnos de Jacques-Dalcroze al enfrentarse con la resolución de las dificultades rítmicas; de hecho, trabajó junto con el psicólogo Edouard Claparède, a quien se mencionó con anterioridad, para profundizar en las cuestiones de carácter psicológico que proponía. Este método trata sobre todo de solucionar problemas de arritmia musical a través del movimiento del cuerpo estimulado por las percepciones de segmentos musicales que deben transformarse en sensaciones musculares<sup>223</sup>. El mismo Jacques-Dalcroze dio el nombre de *Euritmia* o “buen ritmo” a esta sección de la enseñanza rítmica. El método cuenta además con el aprendizaje de otros aspectos, como el desarrollo del oído interno a partir de la sensibilización a las diferencias de altura de los sonidos, particularmente a los tonos y a los semitonos, para después alcanzar a través del análisis de la melodía y del ritmo estructuras más complejas, todo ello, mediante materiales didácticos específicos (pelotas, aros, cintas, pompones, pentagrama en el suelo, etc.) y la improvisación en clase a partir de los elementos dados para fomentar la creatividad y contrarrestar las inhibiciones.

---

<sup>222</sup> Cfr. E. GARCÍA GONZÁLEZ, *Vygotsky, la construcción histórica de la psique*, Editorial Trillas, México 2005.

<sup>223</sup> É. JACQUES-DALCROZE, *Le rythme, la musique et l'éducation*, Foetisch, Lausanne 1920.

Zoltán Kodály (1882-1967), por su parte, se había propuesto dos metas: el superar las dificultades de la notación musical “clásica” y el aprendizaje de la estructura melódica mediante la representación corpórea de los sonidos mediante diversos gestos de la mano (fononimia), tomada del sistema desarrollado por John Spencer Curwin (1816-1880). Probablemente, Kodály se basó en el método de solfeo silábico Gallin-Paris-Chevé basado, a su vez, en la notación propuesta por Jean-Jacques Rousseau en 1742, publicado por sus creadores, Emile Joseph Chev   (1804-1864) y su esposa Nanine Paris, llamado *Méthode   l  mentaire de musique vocale*, en 1844, a pesar de la gran oposición por parte de profesionales de la música del momento<sup>224</sup>, que emplea números en lugar de las tradicionales sílabas do, re, mi, etc., desarrollando además un complejo sistema de sílabas relacionadas con las figuras rítmicas y su duración<sup>225</sup>, como, por ejemplo, Ta-ta-t   (negra-corchea-corchea), que más tarde será simplificado por Kodály por ti-ti-ta (dos corcheas una negra), fonemas más simples que representaban figuras rítmicas base.. Uno de los principios básicos del método Kodály es la universalidad de la música para el género humano, de manera que todos pueden disfrutar de ella y también pueden hacerla. Esta concepción de la música como un universal es muy discutible, ya que, por una parte, la ciencia ha logrado individuar a personas amusicales o que sufren de amusia (entendiéndose como incapacidad del goce musical) y, por otra, la inexistencia de una música universal, ya que no debemos olvidar que ella es producto de un grupo humano sujeto a diversas condiciones étnicas, sociales, culturales, económicas, religiosas, etc., y, por lo tanto, diversa cuan diversos son los grupos sociales. Este método utiliza canciones del folklore húngaro que forman parte de un bagaje o *background*, de manera que las melodías que se cantan ya subyacen en la conciencia de los aprendices y, por tanto, la enseñanza no parte de lo desconocido<sup>226</sup>. La utilización de la fononimia dio grandes resultados para el aprendizaje de las relaciones entre los sonidos, ya fuera, de altura absoluta o relativa (do móvil). En lo que respecta a la enseñanza de la rítmica, Kodály simplifica, como ya se mencionó anteriormente, con el propósito de aligerar el aprendizaje de los conceptos teóricos a veces

<sup>224</sup> Cfr. G. MANGIONE, *La pedagogia della musica secondo Zoltán Kodály*, SCE, Firenze 1974.

<sup>225</sup> B. RAINBOW, *Gallin-Paris-Chev   méthode*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, Macmillan, London 1980, vol. 7, 99-100.

<sup>226</sup> Z. KODÁLY, *Muzic   popular     i muzic   cult  *, «Muzic  », v, n. 4, 22-25

por demás arbitrarios de la teoría tradicional o clásica, dotando al educando de una experiencia directa de carácter práctico con la ejecución rítmica.

Basándose en el método de Jacques-Dalcroze, que preponderaba la solución de problemas rítmicos, Carl Orff (1895-1982) intuyó que la educación rítmica podía ser más atractiva si era reforzada por instrumentos de percusión, ya fuera con alturas determinadas o indeterminadas, que evocaran las diversas culturas musicales del mundo: Africa, con el xilófono (inspirando al *balafón*), la cultura balinesa y el *gamelan*, con los metalófonos, la cultura china, con los *woodblocks*, mientras que los güiros y las maracas representaban a América Latina. Fue el mismo Orff quien diseñó los instrumentos para su método junto con Karl Maendler. El método Orff-Schulwerk, escrito en 1930, consiste esencialmente en un repertorio de modelos de improvisación y ejecución musical, (utiliza la escala pentatónica, entre otros elementos), movimiento corporal y expresión dramática<sup>227</sup>, de manera que el niño o el joven son parte activa del método, y no pasiva, como se observa en la educación musical tradicional.

El descubridor de las *Ondas Martenot*, Maurice Martenot (1898-1980), preocupado por la educación pianística de sus alumnos, publicó en 1920 *Jeux Musicaux* con el afán de que estos entendieran mejor la teoría musical. Más tarde, en colaboración con su hermana Madeleine Martenot, quien ya había publicado un novedoso curso de formación pianística, fundaron *L'Ecole d'Art Martenot*. El interés de Maurice por la psicología de sus alumnos lo llevó a la publicación de un método de educación musical que lleva por título *Principes fondamentaux d'éducation musical et leur application*, en París, en 1960, basado principalmente en el proceso metodológico propuesto por Maria Montessori, y que consiste en 4 pasos: imitación, reconocimiento, reproducción y creación, nunca perdiendo de vista que la enseñanza artística es una actividad que engloba al individuo por completo, teniendo como principio que el educador debe mantener una actitud de relajación activa, esto es, convertirse en una guía, en donde la calidad humana es más importante que la figura transmisora de conocimientos. El método se apoya sobre los siguientes puntos: *a)* las artes son parte integrante de la educación; *b)* nuestras enseñanzas se dirigen al ser en su

---

<sup>227</sup> J. HORTON, *Orff, Carl, Educational work*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, Macmillan, London 1980, vol. 13, 708-709.

totalidad, tanto a su sensibilidad como a su inteligencia; *c*) el espíritu lúdico debe participar en el esfuerzo; *d*) el desarrollo de las capacidades de escucha y atención son esenciales; *e*) la formación musical se pone al servicio de la educación, y *f*) el desarrollo del ser humano es favorecido<sup>228</sup>. Este método es aplicable tanto en escuelas de educación general como en escuelas de música y conservatorios<sup>229</sup>.

Un método que se enfocó a la educación vocal, del repertorio del Canto Gregoriano y de la música clásica y popular es el método Ward. Actualmente impartido en la Universidad Católica de Washintong DC, fue ideado por Justine Bayard Ward (1879-1975) de origen estadounidense, quien mostró siempre un gran interés por la música antigua. Este método, a diferencia de los otros ya mencionados, propone sobre todo aspectos relacionados con el canto que debe evitar siempre el esfuerzo en su emisión: el timbre de la voz, la entonación y la respiración. Maneja una serie de diagramas de notación numérica, que darán paso más tarde a la lectura del pentagrama, notas pensadas (imaginación de sonidos), gestos melódico, rítmico y métrico, dictados con los dedos, do móvil, y técnica pregunta respuesta (parte improvisatoria) proponiendo el ritmo como un acto vivencial<sup>230</sup>.

Edgar Willems (1890-1978), por su parte, desarrolló un método de educación musical que, a diferencia de los demás, excluye elementos adicionales musicales (colores, diagramas, fononimia, historias, etc.), afirma que la música es un lenguaje y parte de la idea de que el método debe nacer de los principios de vida: música, naturaleza y ser humano. Dos elementos muy importantes de este método son el movimiento y la voz, ya que son partes conformadoras del individuo. Este método utiliza material auditivo popular, canciones, obras con percusiones y grandes obras de la literatura musical occidental, la escala diatónica, el gesto de llevar el compás, movimientos corporales naturales, como el caminar, el correr, el trotar, el saltar, etc., la lectoescritura de los sonidos musicales con elementos tradicionales (do, re, mi, etc.), la lectura de todas las claves y do móvil, el dictado musical, la improvisación y la teoría musical. Willems estructuró su método

---

<sup>228</sup> M. DÍAZ – A. GIRÁLDEZ (compilación de), *Aportaciones teóricas y metodológicas a la educación musical*. Editorial Grao, Barcelona, 2007, 58.

<sup>229</sup> Cfr. *ibid.*, 55-60.

<sup>230</sup> Cfr. *ibid.*

partiendo de tres principios básicos: 1) vivir los fenómenos; 2) sentir los fenómenos; 3) tomar conciencia de ellos<sup>231</sup>.

El japonés Shiniki Suzuki (1898-1998), descendiente de una familia de Samurai e hijo de un constructor de *shamisen*<sup>232</sup>, quien dejó la tradición familiar para transformarla en una gran fábrica de construcción de violines, proyectó dentro del ámbito de la didáctica del violín clásico un método que tiene por objeto aprovechar al máximo las edades tempranas en niños (2-3 años) en los que éstos se encuentran adquiriendo la construcción del lenguaje “materno”, para que, al mismo tiempo, adquieran también el lenguaje musical a través del estudio del violín. Así como los padres de niños de esta edad recompensan al niño por sus logros en competencias lingüísticas, el método Suzuki pretende ese mismo tipo de recompensas por los logros que se van obteniendo con el violín y la lectura de la música. La metodología se desarrolla a través de escuchar, imitar, repetir y repasar. Las clases se llevan a cabo de manera individual y colectiva, estructurándose de la siguiente manera: el niño canta con el nombre de las notas una melodía y la memoriza. Una vez que es capaz de realizarla correctamente puede pasar a tocarla en el violín, tarea que realizarán no sólo en clase, sino también en casa imitando a sus padres (el papel de los padres como maestros es de vital importancia; de hecho, se les enseña a ellos también los ejercicios que servirán de muestra a sus hijos). Más tarde, ya dentro de la clase grupal, el maestro estimulará a los alumnos a repetir los movimientos del brazo derecho, aquel que sostiene el arco, de manera de no generar repulsión al estudio derivada de un estrés muscular al convertirse en un movimiento natural, logrando así que el instrumento se considere una extensión del propio cuerpo, tanto física como afectivamente. Las cuestiones relacionadas con el solfeo se dejan a una etapa posterior, cuando el infante ha alcanzado los 6 ó los 7 años de edad, misma edad en la que se desarrollan las habilidades de lectura y escritura. Un concepto de vital importancia en relación con la educación, no sólo de la música sino de la educación en general, es cómo el entorno de un niño determinará en buena medida su desarrollo, de manera que admite que no basta tener talento, concepto que trataremos en los capítulos

---

<sup>231</sup> Cfr. *ibid.*, 43-51

<sup>232</sup> Instrumento musical que consta de 3 cuerdas que se puntean y una caja casi cuadrangular recubierta de piel, que se utiliza sobre todo para acompañar las representaciones de teatro *Kabuki* y *Bunraku*.

siguientes, sino que es la práctica diaria a través de la motivación lo que llevará al éxito en el aprendizaje.

Muchos otros pedagogos musicales han seguido diversos caminos, pero siempre basándose en los modelos y materiales anteriores. Los nuevos descubrimientos de las neurociencias, por otra parte, han permitido abrir nuevos temas de discusión acerca de la educación musical; sin embargo, después de hacer este breve recorrido histórico de la pedagogía musical y de sus diferentes significados, nos hace pensar que la enseñanza de la música hoy en día plantea nuevos paradigmas: no sólo con respecto a la utilidad de la educación musical, sino a los objetivos, a los procesos en la adquisición de habilidades específicas, a los medios para lograrlos y a los resultados que esperamos después de tan arduo entrenamiento, como lo es la ejecución de un instrumento musical.

## **Anatomía, fisiología y funciones del sistema nervioso**

### *1. Perspectiva histórico-evolutiva del sistema nervioso*

El ser humano siempre ha buscado explicación a los fenómenos que le circundan, ya sea de su medio ambiente o acerca de sí mismo. Gracias al legado que nos han dejado las culturas que nos han precedido en el tiempo, es posible tener noticia de esta incesante búsqueda. Si bien es cierto que gran parte de los estudios que se han realizado en épocas pasadas estuvieron basados en especulaciones y deducciones, dado que no se tenían los instrumentos de medición e imagenología como con los que ahora contamos, es interesante conocer los diferentes enfoques y formas de pensar de nuestros antepasados. Culturas antiguas, tales como la egipcia, la india y la china, consideraban que el corazón era el centro del pensamiento y las emociones, afirmación que se basa en el hecho de que la vida existe mientras el corazón late, y ante la presencia de algunas emociones la frecuencia cardíaca aumenta considerablemente.

Hipócrates (460-370 a.C.) propuso que la sede del pensamiento se encontraba en el cerebro y no en el corazón, afirmación que no todos sus contemporáneos compartieron. Aristóteles en cambio, pensaba que en realidad el cerebro sólo servía para enfriar las pasiones del corazón<sup>233</sup>. Siglos más tarde, los trabajos de René Descartes (1596-1650), llamado el padre de la filosofía moderna, han constituido un importante punto de partida en el estudio de la fisiología de la conducta, a pesar de que no era ni médico ni biólogo, pues escribió importantes estudios acerca de la mente y el cerebro, con lo que fue el primero en sugerir, mediante un modelo experimental, la existencia de un punto de conexión entre ambas partes en la glándula pineal. Por su parte, en 1791, el fisiólogo italiano Luigi Galvani descubrió, en el nervio de una rana, la relación existente entre la estimulación eléctrica del nervio y el músculo al cual el primero inerva. Mediante este estudio, Galvani propuso que las células musculares eran capaces de generar un flujo de corriente eléctrica de manera que la contracción muscular era producida por la electricidad producida y no por "fuerzas vitales" o espíritus, como se creía en su época<sup>234</sup>. Muchos otros estudiosos se han ocupado de la fisiología experimental, entre los que destacan: Johannes Müller, en el s. XIX, quien concluyó que todas las fibras nerviosas conducen el mismo tipo de mensaje, lo que llamó "doctrina de las energías nerviosas específicas"; Pierre Flourens (1794-1867), fisiólogo francés, quien observó y estudió la conducta de animales a los que se les había practicado una ablación; Paul Broca (1824-1880) quien, por su parte, observó las conductas de personas que habían sufrido alguna lesión accidental, descubriendo que una parte del área cortical izquierda del cerebro controla el lenguaje, área que lleva actualmente su nombre; Gustav Fritsch y Eduard Hitzig, fisiólogos alemanes, quienes en 1870 utilizaron estimulación eléctrica aplicada al cerebro de un perro descubriendo que aquella tenía efectos directos en la contracción de músculos del lado opuesto del cuerpo, identificando, así, la zona que hoy se conoce como corteza motora primaria, y el físico y fisiólogo Hermann von Helmholtz, también de origen alemán y discípulo de Müller, quien realizó un importante descubrimiento: en 1859, logró medir la velocidad de conducción de los mensajes eléctricos a lo largo de los axones, afirmando que la conducción a través de los nervios es más lenta que la conducción de la electricidad, lo que significa que la conducción eléctrica nerviosa es un fenómeno fisiológico<sup>235</sup>, pues en un conductor de cobre la señal eléctrica es muy cercana a la velocidad de

---

<sup>233</sup> N.R. CARLSON, *Fisiología de la Conducta*, Pearson Educación, Madrid 2006, 10.

<sup>234</sup> E.R. KANDEL, *En busca de la memoria, el nacimiento de una nueva ciencia de la mente*, Katz, Buenos Aires 2007, 98.

<sup>235</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 10-13.

la luz (300,000 km/seg.) mientras que en los nervios es de tan sólo 27 metros por segundo. En este sentido, en el nervio, el impulso deberá recargarse continuamente debido a las características de su membrana, lo que causará una desaceleración, desaceleración que se verá parcialmente subsanada en las fibras que cuentan con vaina de mielina, ya que, entonces, la transmisión será sensiblemente más rápida porque la recarga se hará sólo a nivel de los nodos de Ranvier. A diferencia de lo que sucede con los conductores metálicos, las señales emitidas en los nervios no decrecen con la propagación, de manera que, en aras de garantizar la idéntica amplitud de las señales en su lugar de destino, se sacrifica la velocidad. Puesto que los descubrimientos de Helmholtz plantearon una serie de incógnitas a despejar, muchos otros estudiosos se ocuparon de realizar investigaciones que dieran respuestas a éstas: Edgar D. Adrian, Julius Bernstein, Alan Hodgkin y Andrew Huxley, entre otros, donaron a la ciencia aportaciones de gran envergadura que poco a poco han contribuido a construir el conocimiento acerca de la conducción nerviosa, tema del que se hablará más adelante.

Una de las teorías que causó gran revuelo en su época y aún hoy nos asombra, fue la teoría de la selección natural y la evolución propuesta por Charles Darwin. Aunque no todos los estudiosos han estado de acuerdo con ésta y otras teorías evolutivas, prácticamente la totalidad de los biólogos actuales acepta la evolución biológica y la teoría de la selección natural de Darwin, pues existe un hecho innegable: los elementos que componen nuestras células son los mismos que se encuentran en todos los organismos terrestres y, por lo tanto, compartimos con todos los seres vivos también muchos de los mecanismos a nivel celular. Ahora bien, al realizar una taxonomía evolutiva de las especies comenzando con los invertebrados, y siguiendo con los vertebrados hasta llegar a los mamíferos, se observan grandes similitudes entre las especies más cercanas al hombre. Por esta cercanía, los seres humanos sabemos más de nosotros mismos a través del estudio de otras especies y podemos decir que estamos de alguna manera emparentados con ellas, como lo revela el dato de que los seres humanos compartimos en un 98.8% del contenido genético del ácido desoxirribonucleico (ADN), nuclear y mitocondrial, con el chimpancé<sup>236</sup>. A partir del principio de similitud, se hace evidente la continuidad evolutiva

---

<sup>236</sup> *Ibid.*, 19.

animal, desde los cerebros reptilianos hasta el encéfalo humano, lo que nos lleva a constatar nuestras similitudes con otras especies.

Nuestros cerebros se diferencian de los de otras especies más cualitativamente que cuantitativamente, de manera que el estudio de encéfalos animales nos puede proporcionar muchas ventajas, sobre todo de tipo ético, sin olvidar que «deben de ser respetados al igual que respetaríamos nuestra propia sensibilidad», como lo dijo R.E. Ulrich, en 1991<sup>237</sup>. Sin embargo, es claro que muchos de los procesos químico-biológicos que observamos en animales y que también se encuentran en los seres humanos, dan por resultado procesamientos conductuales diversos, máxime que los procesos conductuales humanos son enormemente más complejos. Es muy probable que, al leer las líneas anteriores, el lector se haya preguntado acerca de la relación entre la biología celular y nuestra capacidad de pensar. Podemos afirmar, sin duda, que todo organismo, incluso el ser humano, es en sí mismo una compleja interacción dinámica de agentes internos y externos, entendiéndose por internos esa parte genética que le confiere al organismo ciertas características que se transmiten de generación en generación, y por externos la parte del medio ambiente en el que se desenvuelve<sup>238</sup>. Esta interacción dinámica del ser vivo con su medio adapta y modula no sólo comportamientos y conductas que entendemos como fenómenos intangibles, sino que realmente lo modifica físicamente. De hecho, el principio de la sobrevivencia está basado en la adaptación, y, en gran medida, la evolución de las especies se fundamenta sobre este mismo principio.

Sin entrar en asuntos relacionados con teorías dualistas mente-cuerpo (parte espiritual, parte material) ni mucho menos con creencias religiosas, es innegable observar la relación que guardan los procesos conductuales humanos con los procesos biológicos y fisiológicos, observación que nos puede conducir a una nueva forma de concebirnos a nosotros mismos como una *unidad* y no como una *dualidad*, en donde lo que afecta nuestra biología afecta nuestra psicología y viceversa.

---

<sup>237</sup> J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson Educación, Madrid 2007, 6.

<sup>238</sup> Sería interesante, así, pensar que el hecho de la existencia se fundamentara en la interacción, modificando el postulado de Descartes: «interactúo, luego existo».

Algunos investigadores, como Eric R. Kandel, premio Nobel, junto con Arvid Carlsson y Paul Greengard en el 2000 por sus descubrimientos relacionados con la transmisión sináptica, sugieren que «la acción del encéfalo humano subyace a toda conducta, no sólo a las conductas motoras relativamente sencillas, tales como andar y comer, sino a todos los actos cognitivos complejos que asociamos con la conducta específicamente humana, tales como pensar, hablar y crear obras de arte»<sup>239</sup>. Ciertamente, estas conductas típicamente humanas, como lo describe Kandel, no son observables, y la forma en que la ciencia las estudia es mediante la deducción científica, misma que se busca utilizar en este trabajo de tesis. Para comprender, entonces, los procesos cognitivos del aprendizaje y la memoria es necesario acercarnos al conocimiento de la organización y el funcionamiento de nuestro sistema nervioso y de los procesos bio-fisiológicos que en él acaecen, entendiendo que el término cognitivo se refiere, por lo general, a procesos intelectuales superiores, tales como el pensamiento, la memoria, la atención y procesos de percepción complejos como lo refieren algunos investigadores (Albright, Kandel y Posner, 2000; Cabeza y Kingston, 2002)<sup>240</sup>.

## 2. *Orígenes del sistema nervioso*

Algunos investigadores han propuesto que los primeros tipos de sistemas nerviosos se originaron con la aparición de los fotorreceptores, que permitieron a algunas especies dirigirse con mayor precisión hacia el alimento. Estos fotorreceptores, posteriormente, se conectaron con grupos celulares capaces «de “interpretar” la información y producir las respuestas más adecuadas»<sup>241</sup>. Sin embargo, no todos los neurocientíficos están de acuerdo con esta idea, pues han mostrado que existen fuertes evidencias de que en realidad fue la conducta motora la que requería de un sistema que relacionara la recepción de información (aferencia) con la emisión de comportamiento motor (eferencia). Con el transcurso de la evolución, los sistemas nerviosos se han ido haciendo cada vez más complejos,

---

<sup>239</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson-Prentice Hall, Madrid-New York 1995, 6.

<sup>240</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 10.

<sup>241</sup> E. BUSTAMANTE ZULETA, *El sistema nervioso: desde las neuronas hasta el cerebro humano*, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín Colombia 2007, 19.

comenzando por un conglomerado de células nerviosas, como en la medusa, hasta llegar al sistema nervioso del ser humano.

#### PARA PROFUNDIZAR

La lombriz de tierra, por ejemplo, posee un sistema nervioso muy simple que comparte con muchos otros animales: consiste en un ganglio cerebral, un cordón nervioso principal y pares de nervios laterales ramificados. En los insectos, se puede observar que el ganglio cerebral funciona como un cerebro primitivo que coordina varias funciones básicas. Todos los vertebrados están formados por cadenas ganglionares, que son agrupaciones de cuerpos celulares organizados en grupos llamados ganglios que se conectan entre sí para formar cadenas. En algunos seres primitivos llamados hidrozooos, se ha encontrado una actividad motora que no es de origen muscular o neurológico sino que se trata de una transmisión de un tipo de células epiteliales llamadas neuroides, por algunas similitudes que comparten con las células nerviosas, como el movimiento originado por un estímulo que se transmite de una parte a otra. También podemos encontrar células nerviosas que parecen ser de tipo sensitivo que se desarrollaron posteriormente. Los primeros animales dotados de un sistema nervioso fueron los celentéreos (medusas, pólipos y anémonas) que, a pesar de su muy simple organización, han perdurado casi sin cambios desde el periodo precámbrico. Su sistema nervioso está formado por dos redes que pueden tener hasta 100,000 neuronas; sin embargo, no presentan una concentración de cuerpos celulares nerviosos a los que se les pueda llamar cerebro o ganglio aunque sí tienen células sensoriales que responden a estímulos químicos. La tendencia evolutiva imperante hacia la construcción del cerebro fue la interrelación y la interposición de muchas neuronas entre las zonas de recepción sensitiva y las vías motoras finales.

El papel que han jugado los neurotransmisores en la historia de la evolución no es tan nuevo como podríamos pensar, ya que se remonta a 600 millones de años atrás y básicamente no ha sufrido modificaciones hasta ahora. La estructura llamada cerebro tuvo su origen en la fusión de tres ganglios cefálicos que claramente conducían las funciones para la supervivencia animal: la función visual, la olfativa y la bucal. Con el pasar del tiempo, los ganglios se hicieron más grandes, así como los órganos de los sentidos se volvieron cada vez más desarrollados, de manera que se hizo evidente la aparición de centros nerviosos cada vez más complejos que permitían la comunicación a distancia entre éstos y la actividad motora, siempre con la finalidad de la supervivencia. Los núcleos basales, los lóbulos, los hemisferios y la neocorteza, con su singular organización plegada en las circunvoluciones para que su gran extensión pudiera tener cabida en la caja encefálica y el aumento del tamaño progresivo del cerebro que comenzó hace dos o tres millones de

años, dieron como resultado el cerebro que conocemos ahora: el nuestro.

### 3. Organización del sistema nervioso

El sistema nervioso comparte junto con el *sistema endocrino* la función de mantener la *homeostasis*, la que es «conservar las condiciones reguladas dentro de los límites compatibles con la vida»<sup>242</sup>, desempeñando tres funciones básicas: a) *Función Sensorial*, que consiste en la transmisión de información sensorial hacia el encéfalo o la médula espinal [vías aferentes (*transmisión de señales desde la piel, músculos esqueléticos, articulaciones, ojos, oídos, etc., hacia el sistema nerviosos centra*)<sup>243</sup>]; b) *Función Integrativa*, que consiste en la integración, el análisis y el almacenamiento de la información sensorial seguidos de una respuesta, siendo las *interneuronas, o neuronas de integración*, las encargadas de esta tarea; c) *función motora*, consistente en la respuesta a las decisiones tomadas por la función integrativa a través de las vías eferentes, que transmiten la información del cerebro y de la médula espinal a las diversas estructuras del cuerpo.

#### PARA PROFUNDIZAR

El Sistema Nervioso en humanos está formado por una red organizada y compleja de millones de neuronas y de un número mayor a éstas de células gliales, en relación diez a uno<sup>244</sup>, que se encuentran en diversas estructuras: el encéfalo, o cerebro, formado por casi 100 mil millones de neuronas, nervios craneales (doce pares, numerados del I al XII) y sus ramas, nervios raquídeos (treinta y un pares) y sus ramas, médula espinal (compuesta de cerca de 100 millones de neuronas), ganglios (pequeñas masas de tejido nervioso que contienen sobre todo cuerpos celulares de neuronas), que se localizan fuera del encéfalo y de la médula espinal, plexos entéricos, que son redes neuronales que se encuentran en las paredes de los órganos del aparato digestivo y son las encargadas del funcionamiento y regulación de dicho aparato, y

---

<sup>242</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *Principios de Anatomía y Fisiología*, Oxford University Press, México 2002, 384.

<sup>243</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 56.

<sup>244</sup> *Ibid.*, 62.

receptores sensoriales, que son células especializadas que vigilan los cambios, tanto del medio ambiente como internos.

El sistema nervioso se divide en dos subsistemas: el *Sistema Nervioso Central* (SNC) y el *Sistema Nervioso Periférico* (SNP). El SNC está constituido por el *cerebro o encéfalo* y la *médula espinal*. Este sistema es el encargado de regir todas las conductas que los seres humanos observamos, desde los procesos más simples, como el caminar o el comer, hasta los actos cognitivos y las conductas más complejos y específicamente humanos, como hablar, pensar y crear obras de arte<sup>245</sup>. El SNP está formado por *los nervios craneales (pares craneales)* y sus ramas, *nervios raquídeos* y sus ramas y *ganglios y receptores sensoriales*, que constituyen todo el tejido nervioso que no se incluye en el SNC.

A su vez, el SNP se subdivide en: *somático* (sistema nervioso somático, SNS), *autónomo o neurovegetativo* (sistema nervioso autónomo, SNA) y *entérico* (sistema nervioso entérico, SNE). El SNS está compuesto de: *a)* neuronas sensoriales que transmiten al *Sistema Nervioso Central* información de los receptores de los sentidos especiales y somáticos que se localizan principalmente en la cabeza, en la pared corporal y las extremidades y de *b)* neuronas motoras que tienen su origen en el SNC y que conducen impulsos a los músculos esqueléticos solamente. Se considera que, dado que esas respuestas motoras se pueden regular de manera consciente, esta parte del SNP es voluntaria.

El SNA está formado por: *a)* neuronas sensoriales que transmiten al SNC información de los receptores sensoriales autónomos, sobre todo, situados en las vísceras; *b)* neuronas motoras con origen en el SNC conductoras de impulsos nerviosos al miocardio, las glándulas, el músculo liso y el tejido adiposo. Esta parte motora del SNA se divide en dos partes: el *sistema nervioso simpático* y el *sistema nervioso parasimpático*. Como el mismo término lo indica, la acción del SNA se considera involuntaria, ya que mayoría de sus respuestas motoras no se regulan conscientemente.

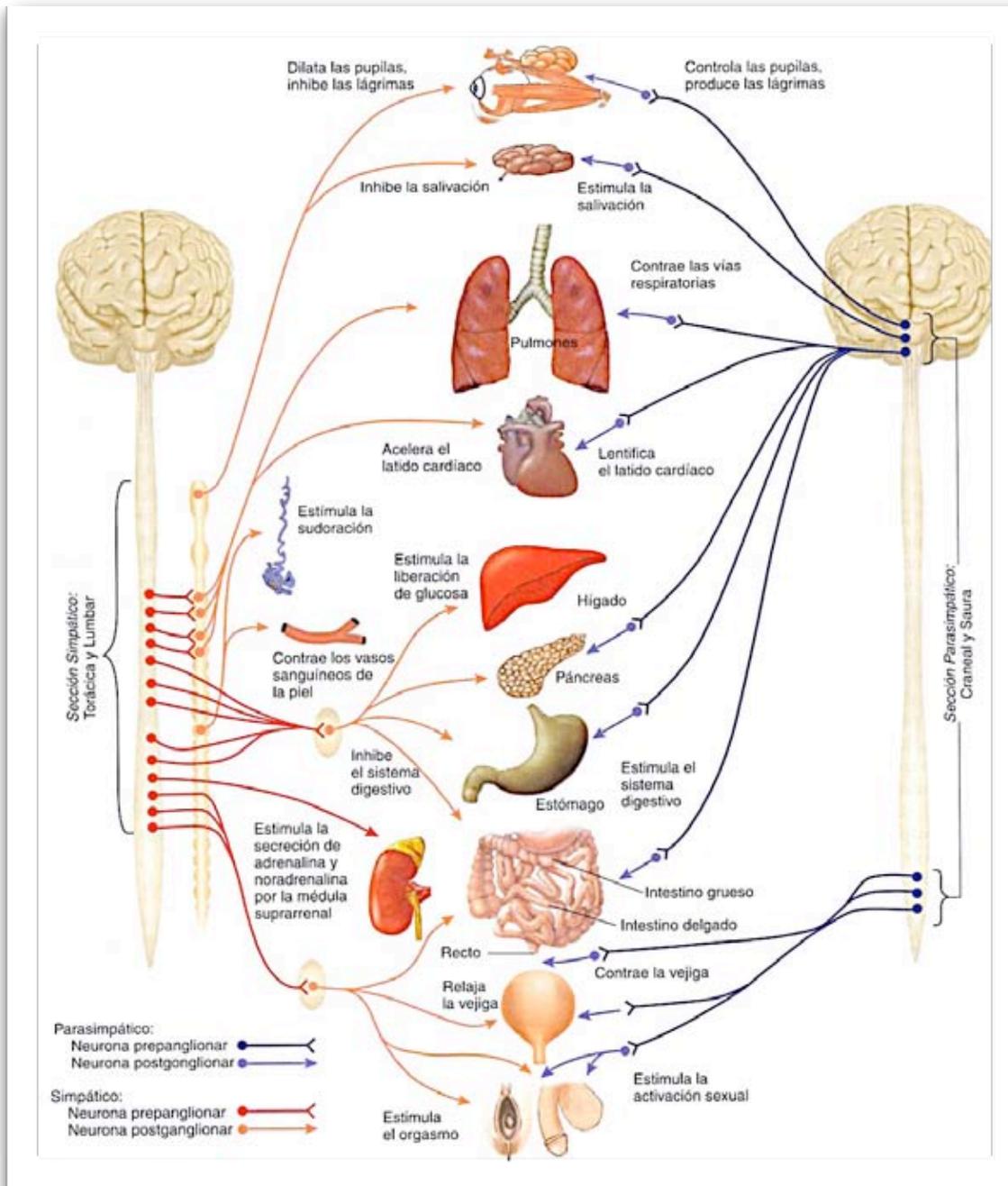
El SNE funciona involuntariamente y opera el tubo digestivo de manera casi independiente del SNA y el SNC. Mientras que las neuronas sensoriales del SNE están al pendiente de los cambios químicos en el tubo digestivo y el estiramiento de las paredes de

---

<sup>245</sup> E.R. KANDEL (et al.), *op. cit.*, 5.

## APÉNDICE 2

éste, las neuronas motoras del SNE regulan las secreciones del aparato digestivo, la contracción del músculo liso y la actividad de las células endocrinas del mismo.



**Figura 1**  
Sistema nervioso neurovegetativo y los órganos sobre los que actúa, y funciones desempeñadas por las ramas simpática y parasimpática del mismo [Carlson 2006, 104]

4. *Tejido nervioso*

El tejido nervioso está compuesto principalmente de dos tipos de células: las que constituyen al tejido neuronal, las neuronas, y las que constituyen a la neuroglia, las células gliales o *neurogliocitos*, células encargadas de proporcionar sostén, alimento y protección a las neuronas y de las cuales se hablará más adelante.



**Figura 2**

Microfotografía electrónica de barrido que muestra el soma (S), las dendritas (D), y el axón (flechas) de una neurona [Rigutti 2007, 61]

Las neuronas son células especializadas en la recepción, la conducción y la transmisión de señales electroquímicas<sup>246</sup>. Poseen la propiedad de la excitabilidad eléctrica, es decir, que en respuesta a estímulos generan *potenciales de acción o impulsos* que se propagan por la membrana plasmática, gracias a canales iónicos específicos.

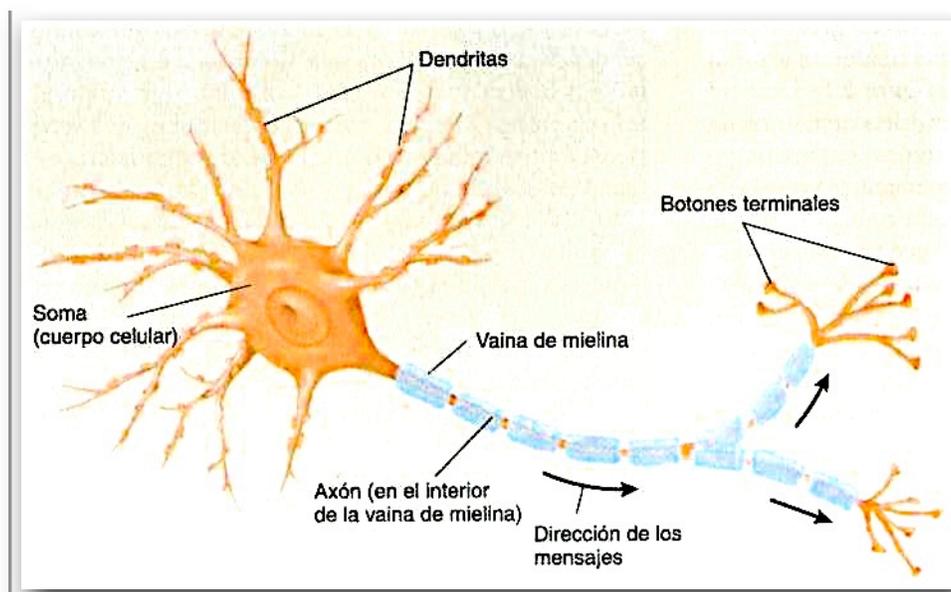
Las neuronas constan de cuatro partes:

- 1) *cuerpo celular o soma*,
- 2) *dendritas*,
- 3) *axón* y
- 4) *botones terminales*<sup>247</sup>.

---

<sup>246</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 60.

<sup>247</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 31.



**Figura 3**  
Partes de la neurona [Carlson 2006, 31]

El *cuerpo celular* está conformado por el citoplasma, el que incluye organelos típicos, como los lisosomas, las mitocondrias, el complejo de Golgi y el núcleo, el que incluye el material genético<sup>248</sup> y con un tamaño que varía de entre 5  $\mu\text{m}$ , tamaño menor que el de un glóbulo rojo, hasta 135  $\mu\text{m}$ <sup>249</sup>. El *cuerpo celular* posibilita los procesos vitales de la célula y su forma varía según el tipo de neurona<sup>250</sup>.

Las *dendritas* son las partes de la neurona que reciben las señales de otras neuronas y éstas, a su vez, transmiten la información eléctricamente por toda la membrana hasta el axón. Las *dendritas* tienen la apariencia de las ramas de un árbol, de ahí su nombre que deriva del término griego *déndron* que significa “árbol”, y generalmente no están mielinizadas (término que se explicará más adelante). El *axón*, por su parte, es un tubo largo y delgado recubierto por una *vaina de mielina* que conduce la información desde el

<sup>248</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 385-387.

<sup>249</sup> *Ibid.*, 389. Una de las medidas utilizadas en fisiología es el metro como medida base y sus submúltiplos. La unidad de medida *metro* (m) se define como la distancia que recorre en un segundo la radiación monocromática laser de helio-neón dentro de la gama del rojo visible, con una longitud de onda de 633 nm. Los submúltiplos utilizados son: decímetro, centímetro, milímetro, micrón o micrómetro ( $1\mu\text{m}=10^{-6}$ ), nanómetro ( $1\text{nm}=10^{-9}$ ), åmströng ( $1\text{Å}=0.1\text{nm}=10^{-10}\text{m}$ ). Cfr., a este propósito, A. RIGUTTI (et al.), *Atlante di fisiologia umana*, Giunti, Firenze 2007, 43.

<sup>250</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 31.

cuerpo celular hasta el árbol axónico, el cual contiene los botones terminales, es decir, es el transmisor de los impulsos nerviosos hacia otras neuronas, fibras musculares o células glandulares.



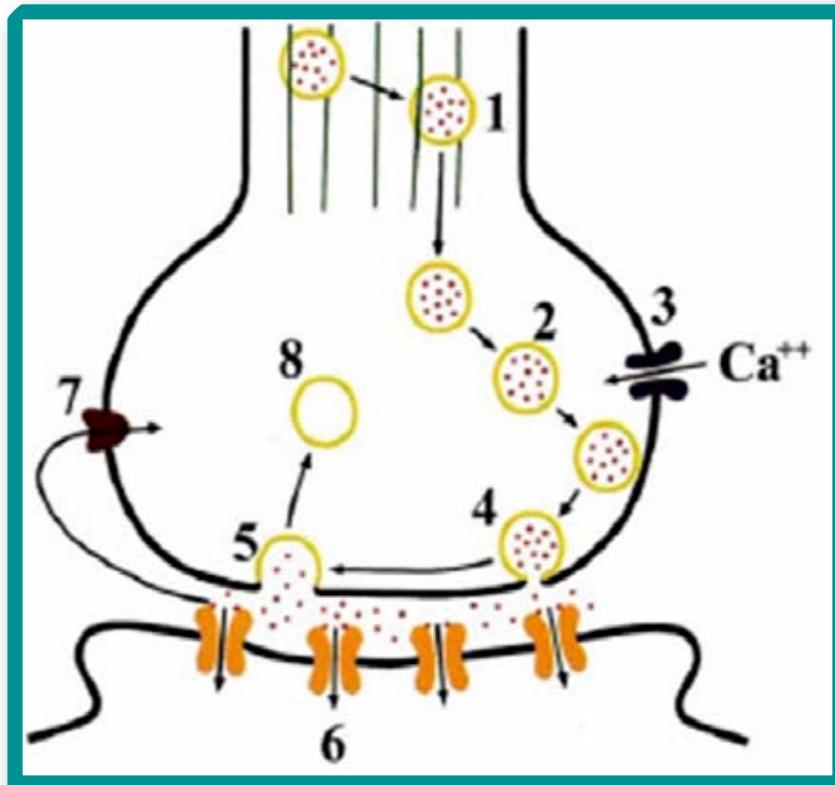
**Figura 4**

Microfotografía electrónica de barrido reforzada con color del cuerpo celular de una neurona (en verde) lleno de botones terminales (en naranja).  
Cada neurona recibe numerosos contactos sinápticos [Pinel 2007, 66]

El mensaje básico conducido se denomina *potencial de acción*. El *potencial de acción* es un breve fenómeno electro-químico, similar a un breve pulso, que se inicia en el extremo del axón próximo al cuerpo celular y viaja hacia los botones terminales<sup>251</sup>. Los *botones terminales* son pequeños engrosamientos que se encuentran en las ramificaciones finas de los axones y tienen una función muy especial que consiste en que, cuando un *potencial de acción* viaja a través del axón y llega a las ramificaciones finas, los *botones terminales* (*bouton*, en francés) secretan una sustancia química llamada *neurotransmisor* (existen muchos tipos diferentes de *neurotransmisores*) que excita o inhibe a la neurona que lo

<sup>251</sup> *Ibid.*, 32.

recibe y de esta manera se decidirá si se producirá o no otro potencial de acción para seguir mandando la información<sup>252</sup>. El espacio en el que se produce este fenómeno se llama *sinapsis* (Del gr. *synapsis*), término que deriva del griego *synáptein*, que significa unión, enlace “juntar”, y es el espacio existente entre un botón terminal y la parte receptora de otra neurona o *post-sinapsis*, esto es, una parte manda y otra recibe (en algunos casos, la comunicación es en ambas direcciones, pero no es la generalidad)<sup>253</sup>.



**Figura 5**

Mecanismo de la sinapsis [Ojeda – Icardo 2004, 13]

1. Transporte de neurotransmisor; 2. Vesícula sináptica; 3. Apertura de los canales de calcio; 4. Fusión de las vesículas sinápticas con la membrana presináptica; 5. Liberación del neurotransmisor; 6. Unión del neurotransmisor con el receptor y apertura de los canales iónicos; 7. Recaptación del neurotransmisor mediante un transportador; 8. Reutilización de la membrana de la vesícula.

Dado que tienen un metabolismo muy elevado y son incapaces de almacenar nutrientes, las neuronas necesitan de otras células adyacentes a ellas que les suministren alimento y oxígeno, llamadas *células de soporte*. Las células de soporte más importantes del SNC,

<sup>252</sup> *Ibid.*, 33.

<sup>253</sup> *Ibid.*, 32.

reciben el nombre de *neurogliocitos*, o *células gliares*, que funcionan como pegamento neuronal y constituyen el 99% del tejido cerebral<sup>254</sup>; éstas mantienen a las neuronas en su lugar, controlan el suministro de nutrientes, aíslan a las neuronas entre sí evitando que los mensajes neurales se mezclen y destruyan, y eliminan a las neuronas que han muerto por daño o por lesión. Existen varios tipos de neurogliocitos, en donde cada tipo efectúa una función específica; así, los tres tipos más importantes de ellos son: los *astrocitos*, los *oligodendrocitos* y los *microgliocitos*. *Astrocito* significa «célula en forma de estrella»<sup>255</sup>, y este tipo es el encargado de proporcionar soporte físico a las neuronas, limpiar los desechos del encéfalo, producir algunas sustancias químicas que son necesarias para que las neuronas puedan cumplir sus funciones, proporcionar alimento a las neuronas y ayudar en el control de la composición del líquido que rodea a las neuronas, captando o liberando las sustancias necesarias para mantener el equilibrio adecuado<sup>256</sup>. Los *oligodendrocitos*, aportan soporte a los axones y producen la vaina de *mielina*, la cual aísla a la mayoría de los axones entre sí. Este tipo de células tiene un homólogo para el SNP, el que recibe el nombre de *célula de Schwann*. La *mielina* es una capa formada por un 80% de lípidos y un 20% de proteínas que recubre a los axones de manera no continuada, configurada en pequeños segmentos, semejantes a trocitos de chorizo. La presencia de *mielina* en los axones acelera la velocidad de los impulsos nerviosos y la cantidad de ella aumenta desde el nacimiento hasta la madurez<sup>257</sup>. Las partes del axón descubiertas de mielina reciben el nombre de *nódulos de Ranvier*, en honor a su descubridor. Los *microgliocitos* son, como su nombre lo indica, los *neurogliocitos* de menor tamaño que actúan como fagocitos [células que engullen y digieren células o desechos causados por la degeneración celular (fagocitosis: *phágein* comer, *kýtos* célula)] al igual que los astrocitos, pero además forman parte del sistema inmunológico del encéfalo<sup>258</sup>.

---

<sup>254</sup> J.E. ORMROD, *Aprendizaje humano*, Pearson Prentice Hall, Madrid 2005, 16.

<sup>255</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 37.

<sup>256</sup> *Ibid.*, 38.

<sup>257</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 391.

<sup>258</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 39.

Para mantener el equilibrio y la salud de nuestro SNC, existe un mecanismo de suma importancia llamado barrera hematoencefálica, que consiste en una «barrera selectivamente permeable» (per, “a través”; meare, “pasar”)<sup>259</sup> que no deja pasar libremente todas las sustancias de la sangre que circulan por todo nuestro organismo hacia el encéfalo y la médula espinal, regulando, así, la composición del líquido que rodea las neuronas. Este mecanismo está dado por las paredes de los capilares del encéfalo que no poseen hendiduras como el resto de los capilares del cuerpo, en donde sí es posible el intercambio de sustancias entre el plasma y el líquido fuera de los capilares que rodea a las células. Esta barrera no es uniforme en todo el sistema nervioso ya que, como puede observarse, una de las partes de control del vómito ubicada en el área postrema del cerebro (región del bulbo raquídeo) es relativamente permeable, a diferencia de otras regiones, de manera que si dentro del organismo existen sustancias tóxicas éstas pasarán a esta región desencadenando el vómito como medida de protección<sup>260</sup>.

Para poder comprender la comunicación neuronal, es necesario entender el fenómeno del potencial de membrana, que es la diferencia de potencial eléctrico existente entre el interior y el exterior de una célula, como si se tratase de una batería portátil. En el caso de células excitables eléctricamente, como son las células nerviosas y las fibras musculares, este voltaje o potencial eléctrico se llama potencial de membrana en reposo<sup>261</sup> (carga eléctrica a través de la membrana)<sup>262</sup>. Estos tipos de células poseen la capacidad de cambiar ese potencial según el grado de excitación o inhibición que se les dé. Para poder medir este micro voltaje, es necesario colocar un electrodo extracelular fuera de la membrana de la neurona y otro electrodo, llamado por su tamaño micro electrodo (posee una punta de tamaño menor a una milésima de milímetro), en la neurona, registrándose un potencial constante de -70 milivoltios normalmente (puede variar de -40 a -90 mV)<sup>263</sup>. Esto indica que el voltaje interior de la neurona en reposo es de 70 mV menor que el del exterior de la neurona<sup>264</sup>. Dicho valor constante de membrana de aproximadamente -70 mV es el potencial de membrana en reposo y se dice que, con esta carga en estado de reposo, la neurona está polarizada. La hipótesis de membrana fue propuesta por Julius Bernstein, discípulo de Helmholtz, en 1902, quien determinó la diferencia de potencial a través de la membrana, así como

---

<sup>259</sup> *Ibid.*, 41.

<sup>260</sup> *Ibid.*, 41-42.

<sup>261</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 394.

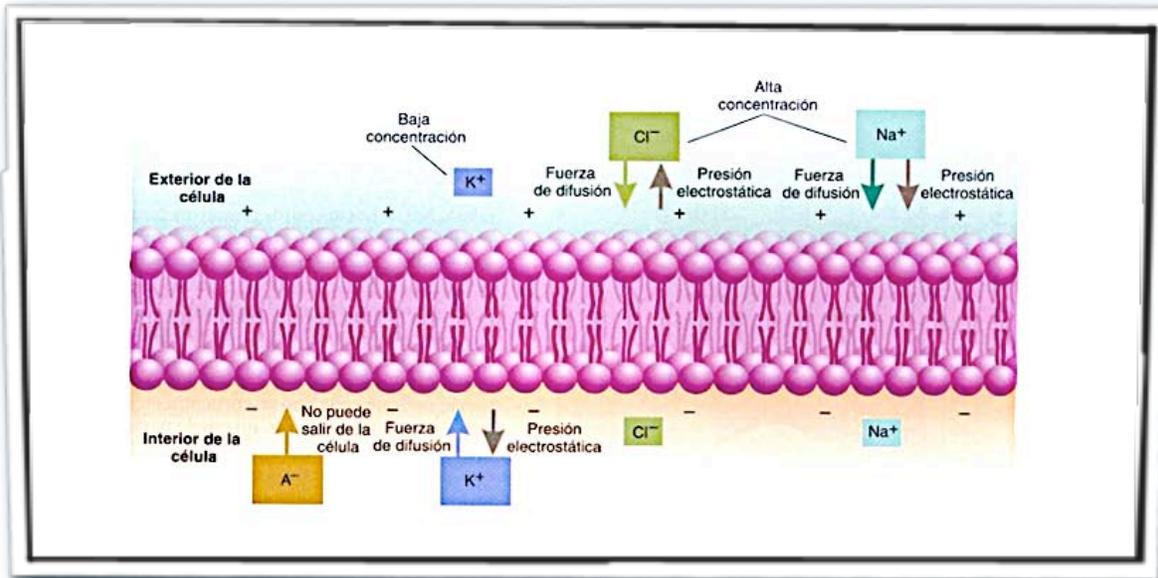
<sup>262</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 45.

<sup>263</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 394.

<sup>264</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 85.

que la carga negativa es mayor en el interior de la célula que en el exterior. Bernstein descubrió que, como todas las células del cuerpo se encuentran en el fluido intersticial<sup>265</sup>, o fluido extracelular, rico en iones (átomos con carga eléctrica como el  $\text{Na}^+$ , el  $\text{K}^+$  y el  $\text{Cl}^-$ ), que también se encuentran en el citoplasma, y que, a diferencia de los conductores metálicos, no hay electrones libres que puedan transportar corriente, los iones llevarán la corriente eléctrica y la diferencia en la concentración de iones entre el exterior y el interior de la célula originará corrientes que atravesarán la membrana<sup>266</sup>.

En las células vivas, la corriente eléctrica está constituida por el flujo de iones que se da a través de canales iónicos, cada uno de éstos especializado en permitir el paso de determinados iones que se encuentran en la membrana plasmática<sup>267</sup>. Los iones que contribuyen de manera significativa al potencial de membrana en reposo son: los iones de sodio,  $\text{Na}^+$ , los de potasio,  $\text{K}^+$ , los de cloro,  $\text{Cl}^-$ , y diversos iones proteínicos con carga negativa (aniones orgánicos)<sup>268</sup>. Los iones de sodio y de cloro se encuentran en mayor concentración en el exterior, mientras que los iones de potasio se concentran en el interior, así como los aniones orgánicos.



**Figura 6**  
Concentración relativa de algunos iones importantes en el interior y el exterior de la neurona y fuerzas que actúan sobre ellos [Carlson 2006, 48]

<sup>265</sup> Líquido intersticial: es el líquido contenido en el intersticio (o espacio) entre células (una sexta parte de los tejidos corporales corresponde al intersticio).

<sup>266</sup> E.R. KANDEL, *op. cit.*, 103-105.

<sup>267</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 394.

<sup>268</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 85.

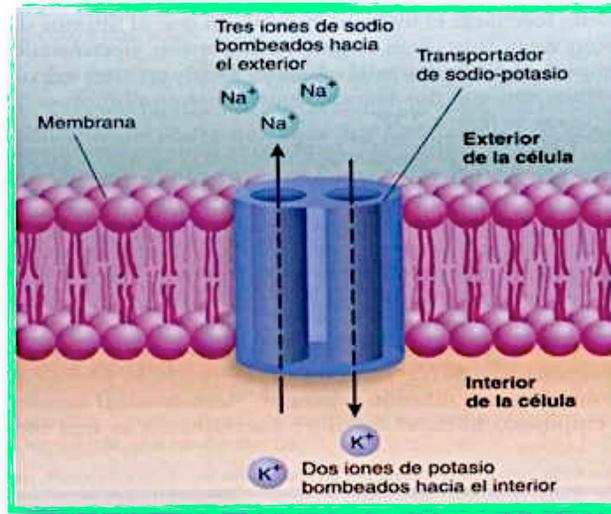


Figura 7

Transportador de sodio-potasio localizado en la membrana celular [Carlson 2006, 48]

Existen mecanismos específicos que mantienen a las células en armonía consigo mismas y con su exterior mediante un constante intercambio de iones del interior al exterior y viceversa. Uno de estos mecanismos es la llamada *bomba transportadora de sodio-potasio* que se localiza en la membrana de las células y que extrae los iones de sodio y transporta los iones de potasio al interior de la célula<sup>269</sup> manteniendo el equilibrio necesario entre el sodio del exterior y el potasio del interior de la célula; el otro es los *canales iónicos*, estructuras que se encuentran en sitios específicos de la membrana celular, formados por proteínas y otros componentes, que son conductos para el intercambio de iones específicos.

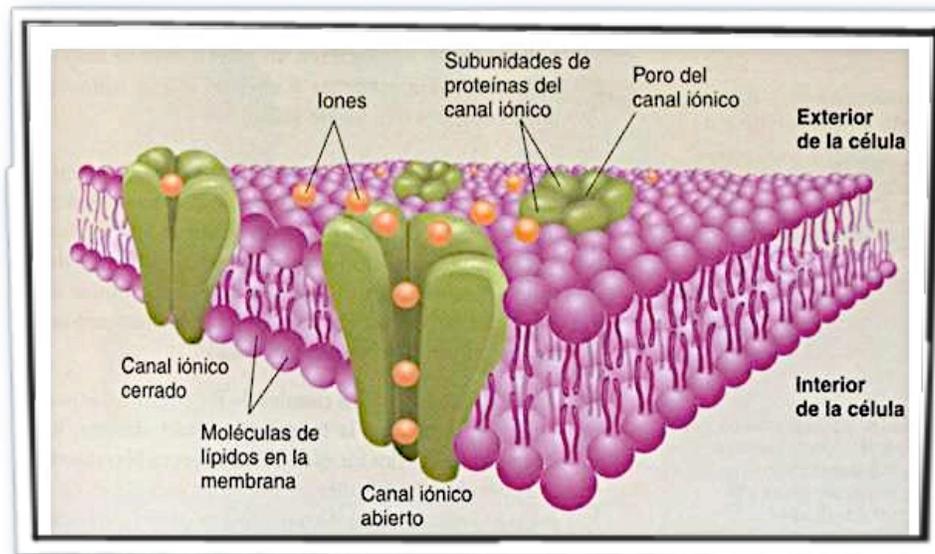
#### PARA PROFUNDIZAR

Existen dos tipos básicos de canales iónicos: de filtración, que siempre están abiertos, y de compuerta, que, como su nombre lo indica, se abren o se cierran en respuesta a un estímulo. Los canales de compuerta a su vez se dividen en: canales iónicos de voltaje, los cuales se abren o se cierran en respuesta a los cambios del nivel del potencial de membrana<sup>270</sup> y funcionan en la generación y conducción de potenciales de acción; canales iónicos de ligandos, que funcionan a partir de estímulos químicos, y canales de compuerta mecánica, que

<sup>269</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 48.

<sup>270</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 90.

funcionan en respuesta a estímulos, tales como presión, vibración y/o distensión de tejidos.



**Figura 8**

Canales iónicos. Cuando están abiertos, los iones pueden entrar y salir a través de la membrana celular [Carlson 2006, 49]

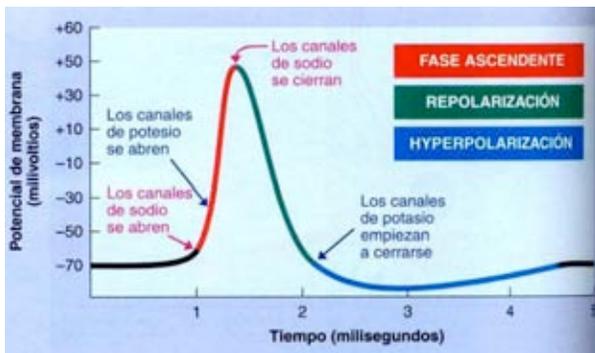
Una neurona puede estar *despolarizada* o *hiperpolarizada*. Está *despolarizada* cuando el *potencial de membrana en reposo* disminuye, y está *hiperpolarizada* cuando el *potencial de membrana* aumenta, pero ¿cómo ocurre este fenómeno? La comunicación del tejido neuronal se produce a través de descargas eléctricas y químicas: eléctricas, cuando ocurre el *potencial de acción* y química, cuando los *neurotransmisores* son liberados por los *botones sinápticos* y recibidos por los receptores post-sinápticos.

#### PARA PROFUNDIZAR

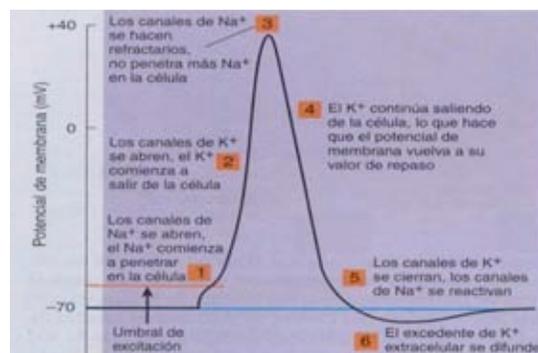
Dependiendo del tipo y de la cantidad de descarga del neurotransmisor, la neurona puede estar despolarizada o hiperpolarizada. Si está despolarizada, la probabilidad de que la neurona descargue aumentará llamándose a las despolarizaciones postsinápticas, potenciales excitadores postsinápticos, o PEP'S. Si, en cambio, la neurona está hiperpolarizada, la probabilidad de que la neurona se descargue disminuye. Se le denomina potencial inhibitor postsináptico, o PIP'S, a las hiperpolarizaciones postsinápticas<sup>271</sup>. El hecho de que una neurona

<sup>271</sup> *Ibid.*, 88.

se descargue o no lo haga, depende del balance entre las señales excitadoras e inhibitoras que llegan a su axón<sup>272</sup>. Los PEP's y los PIP's se conducen de modo decreciente hasta el cono axónico, una estructura cónica que se encuentra en la confluencia del cuerpo celular y el axón. Si la suma de despolarizaciones e hiperpolarizaciones que llegan a la parte adyacente del cono axónico es suficiente para despolarizar la membrana hasta un nivel de -65 mV (umbral de excitación), se producirá el potencial de acción, una inversión momentánea masiva del potencial de membrana en reposo de -70 mV a +50 mV con una duración aproximada de 1 milisegundo<sup>273</sup>. Edgar Douglas Adrian en 1920, ideó algunos métodos para registrar y amplificar los potenciales de acción propagados a lo largo de los axones de neuronas sensoriales de la piel, haciendo notables descubrimientos: los potenciales de acción generados por una única célula nerviosa son casi iguales, ya que tienen prácticamente la misma forma y la misma amplitud, independientemente de la intensidad, la duración o la ubicación del estímulo que los ocasiona<sup>274</sup>. Los potenciales de acción (PA's) siguen la ley de "todo o nada" que consiste en: una vez que el PA se desencadena, éste se propaga sin disminuirse hasta su extremo<sup>275</sup>, es decir, que, una vez que se alcance el umbral generador de la señal ésta será siempre la misma. La velocidad máxima de conducción axónica en células motoras humanas es de 60 metros por segundo, según un estudio de Peters y Brooke (1998).



[Pinel 2007, 92]



[Carlson 2006, 50]

**Figura 9**  
Fases del potencial de membrana

Hasta el momento, hemos descrito, *grosso modo*, los fenómenos que ocurren en la célula para llegar al *potencial de acción* a través del axón, pero, entonces, ¿cómo se comunica una

<sup>272</sup> *Idem.*

<sup>273</sup> *Idem.*

<sup>274</sup> Cfr. E.R. KANDEL, *op. cit.*, 99-100.

<sup>275</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 51.

neurona con otra? La *sinapsis*, como ya habíamos dicho, es la parte existente entre un botón terminal y la parte receptora de otra neurona *post-sináptica*, siendo la forma más común de comunicación entre neuronas la transmisión sináptica. La mayoría de las *sinapsis* son *axodendríticas* (entre axones y dendritas), *axosomáticas* (de axones con el cuerpo celular) o *axoaxónicas* (entre axones)<sup>276</sup>. Los botones terminales y la parte receptora se encuentran separados por un espacio, llamado *hendidura sináptica* que mide entre 20 y 50 nm (un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro), lleno de líquido intersticial.

La transmisión sináptica se lleva a cabo a través de varios pasos: a) síntesis, empaquetamiento y transporte de las moléculas neurotransmisoras, b) liberación de las moléculas neurotransmisoras, c) activación de los receptores por parte de las moléculas neurotransmisoras y d) recaptación, inactivación enzimática y reutilización de las moléculas neurotransmisoras<sup>277</sup>.

#### PARA PROFUNDIZAR

El proceso de liberación de los neurotransmisores es una forma peculiar de exocitosis, que ocurre a consecuencia del potencial de acción, pudiendo ser de tipo excitatorio o de tipo inhibitorio. Mientras la neurona se encuentra en reposo, las vesículas sinápticas, que contienen neurotransmisores de molécula pequeña, se encuentran agrupadas cerca de las zonas de la membrana sináptica especialmente abundantes en canales de calcio controlados por voltaje.<sup>278</sup> Cuando ocurre un potencial de acción, estos canales de calcio se abren dejando libre la entrada a los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  en el botón, haciendo que las vesículas sinápticas se fusionen con la membrana presináptica y vaciando su contenido de neurotransmisores en la hendidura sináptica de un solo pulso (Rettig y Neher, 2002)<sup>279</sup>. A diferencia de los neurotransmisores de molécula pequeña, los neurotransmisores de molécula grande o peptídicos son liberados generalmente de manera gradual como respuesta al incremento general del nivel de iones de  $\text{Ca}^{2+}$ . Al ser liberadas las moléculas neurotransmisoras, éstas producen señales en las neuronas postsinápticas uniéndose a los receptores de la membrana postsináptica. Cada receptor contiene una proteína que solamente es capaz de unirse a determinados tipos de neurotransmisores, pero,

<sup>276</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 403.

<sup>277</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 94.

<sup>278</sup> *Ibid.*, 96.

<sup>279</sup> *Idem.*

entonces, ¿qué sucede con los neurotransmisores que se quedan activos en la hendidura sináptica? Existen dos mecanismos que finalizan la acción de los neurotransmisores, dando por terminada la acción de los mensajes sinápticos: la recaptación y la inactivación enzimática. La recaptación consiste en que, una vez que los neurotransmisores fueron liberados y no fueron utilizados, vuelven a ingresar a los botones presinápticos. Por otra parte, la inactivación consiste en la descomposición o inactivación de los neurotransmisores mediante la acción de enzimas, proteínas que estimulan o inhiben las reacciones químicas<sup>280</sup>.

Los *neurotransmisores* son diferentes tipos de sustancias químicas liberados por los botones terminales de la neurona *pre-sináptica* y captados por la neurona *post-sináptica*. Básicamente, existen dos categorías: los *neurotransmisores* de molécula pequeña (*aminoácidos, monoaminas, gases solubles y acetilcolina*), que generalmente se sintetizan en el citoplasma del botón terminal y son empaquetados en *vesículas sinápticas* por el *aparato de Golgi*, y de molécula grande [*neuropéptidos* (cadenas de aminoácidos compuestas por hasta 10 aminoácidos)], los cuales se sintetizan en el citoplasma del cuerpo celular mediante *ribosomas*, para luego ser empaquetados en vesículas en el *aparato de Golgi* y transportados a través de *microtúbulos* hasta los botones terminales (Vallee y Bloom, 1991). Actualmente, se sabe que muchas neuronas contienen dos tipos de neurotransmisores: uno de molécula grande y otro de molécula pequeña, llamándose a este fenómeno coexistencia.

#### PARA PROFUNDIZAR

Los cuatro neurotransmisores aminoacídicos más reconocidos son: el glutamato (neurotransmisor excitador predominante del sistema nervioso central en los mamíferos), el aspartato y la glicina, que se encuentran normalmente en las proteínas que ingerimos, y el ácido gamma-aminobutírico (GABA) (neurotransmisor inhibitorio predominante), que se sintetiza a partir de una sencilla modificación de la estructura del glutamato<sup>281</sup>. Dentro del grupo de las monoaminas, se encuentran: la dopamina, la adrenalina, la noradrenalina y la serotonina, que se sintetizan a partir de un único aminoácido, de ahí su nombre

---

<sup>280</sup> *Ibid.*, 100.

<sup>281</sup> *Ibid.*, 101.

monoaminas, que, a su vez, se subdividen en dos grupos según su estructura: las catecolaminas y las indolaminas. La dopamina (DA) (implicada en funciones importantes como el movimiento, el aprendizaje y la atención<sup>282</sup>) y la noradrenalina (NA), o norepinefrina (su secreción aumenta el nivel de vigilancia y prontitud en caso de una señal), pertenecen al grupo de las catecolaminas, y se sintetizan a partir de la tirosina. La producción de catecolaminas se encuentra regulada por la enzima monoamino oxidasa (MAO), que se encuentra en los botones terminales monoaminoenergéticos destruyendo las cantidades excesivas de neurotransmisores. La MAO también se encuentra en la sangre desactivando las aminas que se encuentran en alimentos como el chocolate y el queso, las cuales aumentan la presión sanguínea<sup>283</sup>. Las neuronas que liberan noradrenalina se llaman noradrenérgicas, y las que liberan adrenalina se llaman adrenérgicas. Por su parte, la serotonina (5-HT) pertenece al grupo de las indolaminas y se sintetiza a partir del aminoácido triptófano. Este neurotransmisor interviene en la regulación del estado de ánimo, el control de la ingesta de alimentos, en el nivel de activación y sueño, y la regulación del dolor<sup>284</sup>. Los gases solubles son otro tipo de neurotransmisor de molécula pequeña que actúan de manera distinta a los demás neurotransmisores (Boehning y Zinder, 2003) ya que se producen en el citoplasma de la neurona y se difunden inmediatamente a través de la membrana celular al líquido extracelular y a las células vecinas. Su estudio es muy difícil ya que sólo permanecen activos por dos segundos.

La acetilcolina (ACh) es un neurotransmisor que actúa en las uniones neuronales musculares, en diversas sinapsis del SNC y en muchas sinapsis del sistema nervioso autónomo o neurovegetativo. Se origina a partir de la unión de un grupo acetilo a una molécula de colina (el acetato es el anión que se encuentra en el vinagre, llamado también ácido acético<sup>285</sup>). Las neuronas que liberan este neurotransmisor se llaman colinérgicas. Las neuronas colinérgicas situadas en la protuberancia dorsolateral se encuentran implicadas en la producción de muchas de las características del sueño REM (rapid eye movement, en inglés); las situadas en el prosencéfalo basal participan en la activación de la corteza cerebral y la facilitación del aprendizaje, especialmente el aprendizaje perceptual<sup>286</sup>, y las localizadas en el septum medial controlan los ritmos electrofisiológicos del hipocampo modulando sus funciones, entre las que se encuentran determinados tipos de memoria<sup>287</sup>. Existen dos tipos diferentes de receptores de ACh, uno

---

<sup>282</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 125.

<sup>283</sup> Cfr. *Ibid.*, 128.

<sup>284</sup> *Ibid.*, 131.

<sup>285</sup> *Ibid.*, 123.

<sup>286</sup> *Ibid.*, 121.

<sup>287</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 121.

ionotrópico, estimulado por la nicotina y llamado receptor nicotínico (se encuentra en las hojas del tabaco) que proporciona una respuesta rápida a los músculos, y otro metabotrópico, estimulado por la muscarina (se encuentra en la seta venenosa *Amanita muscaria*) y de acción más lenta que los nicotínicos. Dos compuestos se utilizan en la medicina para contrarrestar la ACh: el curare, para bloquear los receptores nicotínicos, y la atropina, para bloquear los muscarínicos. Entre los neuropéptidos (neurotransmisores de molécula grande) (Greengard, 2001) se encuentran las endorfinas, que son sustancias químicas producidas por el organismo y similares al opio. Estas activan sistemas neurales que producen analgesia y median en las sensaciones de placer<sup>288</sup>. Se han identificado cerca de 100 tipos de neuropéptidos descubriéndose que no existe un mecanismo de recaptación y reciclaje de éstos<sup>289</sup>. Un compuesto llamado adenosina (combinación de ribosa y adenina), perteneciente al grupo de los nucleósidos, se ha visto funciona como neuromodulador en el encéfalo. La cafeína, por ejemplo, bloquea los receptores para la adenosina produciendo efectos excitantes<sup>290</sup>.

## 5. Organización del Encéfalo

Evolutivamente, la parte del cerebro que más se ha desarrollado en los primates corresponde al *córtex* cerebral, vocablo latino que significa “cáscara o corteza”. La superficie total de la *corteza* es de aproximadamente 2.360 cm<sup>2</sup> y su grosor de 3 mm<sup>291</sup>. El *cerebro* o *encéfalo* humano es una estructura tridimensional muy compleja que pesa entre 1300 y 1400 gramos en un adulto y es bastante grande en relación con la masa corporal total. Está compuesto de dos hemisferios, uno izquierdo y otro derecho, conectados por haces de fibras nerviosas, llamadas en conjunto *cuerno calloso*. Tradicionalmente, los científicos dividen la corteza del cerebro para su estudio por sus pliegues principales en cuatro áreas llamadas lóbulos que toman el nombre del hueso craneal que cubre a cada uno: *el lóbulo frontal*, situado en el área que corresponde a la frente, dividido en la corteza motora y en la corteza prefrontal, es mucho más grande en los primates que en otros animales y está implicada en actos relacionados con el juicio, la creatividad, la resolución

---

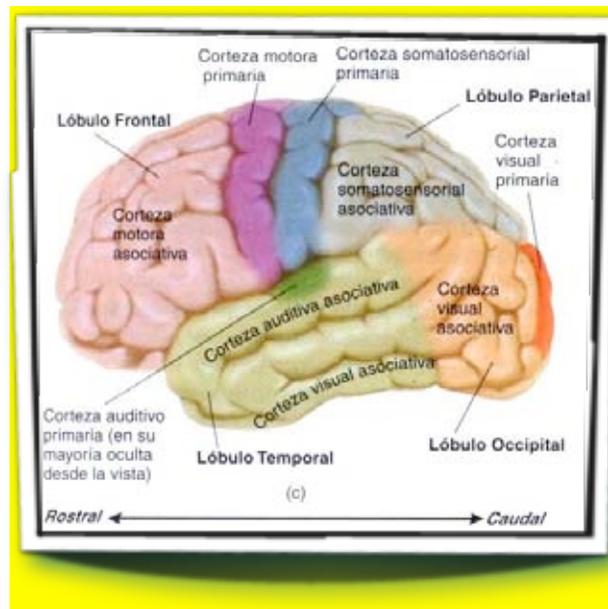
<sup>288</sup> *Ibid.*, 103.

<sup>289</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 136.

<sup>290</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 138.

<sup>291</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 87.

de problemas y la planificación; el *lóbulo parietal*, se encuentra en la zona trasera superior y se encarga de funciones sensoriales y lingüísticas superiores, incluyendo el procesamiento espacial; el *lóbulo temporal*, se sitúa por encima y alrededor de los oídos y se encarga especialmente de la audición y el reconocimiento de objetos, la memoria, el significado y el lenguaje, y, por último, el *lóbulo occipital*, está situado en la parte media trasera del cerebro y encargado primordialmente de la visión. La *corteza* recibe información de los órganos sensoriales, existiendo una región determinada en la corteza para la recepción de cada tipo de información: así, está la *corteza visual primaria*, ubicada en la parte posterior del encéfalo (*lóbulo occipital*), la *corteza auditiva*, que se encuentra en el lóbulo temporal, la *corteza somatosensorial*, que es una franja vertical de la corteza del lóbulo parietal, y la *corteza motora primaria*, que se localiza delante de la corteza somatosensorial en el lóbulo frontal, conectada con los músculos de todo el cuerpo.



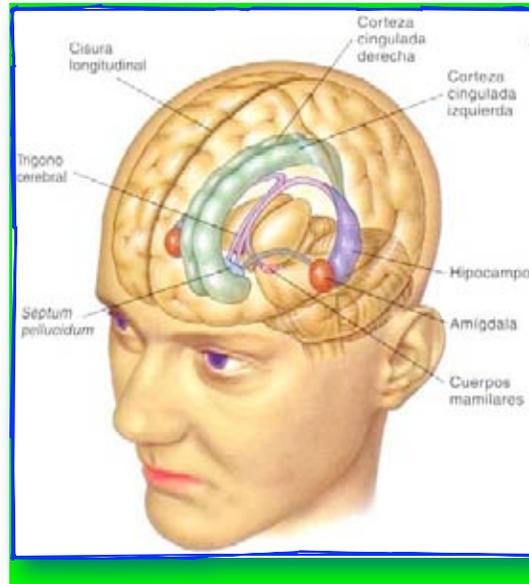
**Figura 10**

Los cuatro lóbulos de la corteza cerebral, la corteza sensorial primaria y la corteza de asociación. Vista lateral [Carlson 2006, 89]

Justo por debajo de la corteza y en dirección hacia el interior del encéfalo, se encuentran una serie de estructuras que se ubican en la zona límite entre la corteza cerebral y el hipotálamo, que, en conjunto, reciben el nombre de *sistema límbico* (límbico significa borde o margen sideral, ya que fue tomado de las órbitas que describen los planetas),

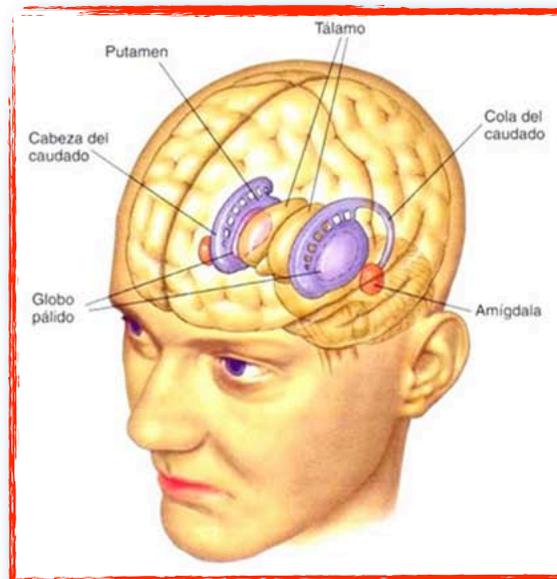
## APÉNDICE 2

término acuñado por el fisiólogo MacLean en 1949. El *sistema límbico* se encuentra formado por el hipocampo, los núcleos anteriores del tálamo, el hipotálamo, la amígdala, el *septum pellucidum*, el trígono cerebral, la corteza cingulada y los cuerpos mamilares, y se encarga de regular las emociones y el sueño, los procesos de la atención, las funciones vitales, las hormonas, la sexualidad y el olfato, y de la elaboración de la mayoría de las sustancias químicas cerebrales.



**Figura 11**

Principales estructuras del sistema límbico [Pinel 2007, 77]



**Figura 12**

Núcleos o ganglios basales: amígdala,

neostriado (caudado y putamen) y globo pálido [Pinel 2007, 77]

El *cerebelo*, que significa en latín “*pequeño cerebro*”, se encuentra situado en la fosa craneal posterior y es bilateralmente simétrico<sup>292</sup>. Es responsable de la postura, el equilibrio, el movimiento, la memoria a largo plazo y el aprendizaje motor<sup>293</sup>. El *cerebelo* consta de dos hemisferios, está cubierto por la corteza cerebelosa y contiene un conjunto de *núcleos cerebelosos profundos* que reciben proyecciones desde la corteza del cerebelo y, a su vez, envían proyecciones a otras partes del encéfalo<sup>294</sup>. Entre sus estructuras más importantes podemos mencionar: el *lóbulo floculonodular*, el *vermis*, el *núcleo fastigial*, los *núcleos interpuestos*, el *núcleo pontino* y el *núcleo dentado*. El *cerebelo* recibe información visual, auditiva, vestibular y somatosensorial, así como información sobre cada movimiento muscular dirigido por el encéfalo, e integra esta información coordinando y modulando los movimientos. La zona que más interesa en este estudio es la zona lateral, que se encuentra involucrada en el control de los movimientos independientes de las extremidades, en especial, de los rápidos movimientos de precisión<sup>295</sup>. Los *ganglios basales*, o *núcleos basales*, representan parte importante del sistema motor, ya que poseen dos eferencias principales: una a la corteza motora primaria, el área motora suplementaria y la corteza premotora (a través del tálamo). Este sistema también controla y coordina la programación de movimientos, pero, a diferencia del cerebelo, se encuentra implicado en movimientos lentos.

El cerebro adulto consume el 20% de la energía total del cuerpo: toma sus nutrientes de la sangre que le aporta glucosa, proteínas, oligoelementos y oxígeno, recibiendo treinta y seis litros de sangre aproximadamente por hora, o sea, 891 litros por día. Dado que el encéfalo trabaja a base de cambios electrolíticos, para su buen funcionamiento, es necesaria la ingesta de 8 a 12 vasos de agua al día. El suministro de oxígeno también es básico para el funcionamiento adecuado del cerebro; de hecho, algunos de los llamados “fármacos

---

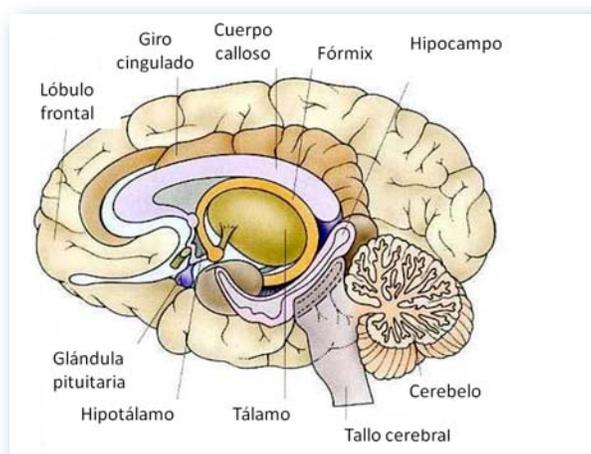
<sup>292</sup> P.A. YOUNG (et al.), *Neuroanatomía clínica funcional*, Masson Elsevier, Barcelona 2002, 105.

<sup>293</sup> R.F. THOMPSON, *The Brain. A Neuroscience Primer*, W.H. Freeman & Co., New York 1993.

<sup>294</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 97.

<sup>295</sup> *Ibid.*, 295.

inteligentes” aumentan el flujo de oxígeno reforzando el estado de alerta, el funcionamiento cognitivo y la memoria<sup>296</sup>.



**Figura 13**  
Partes del cerebro humano [Baggaley 2001, 24]

## 6. *Desarrollo neural*

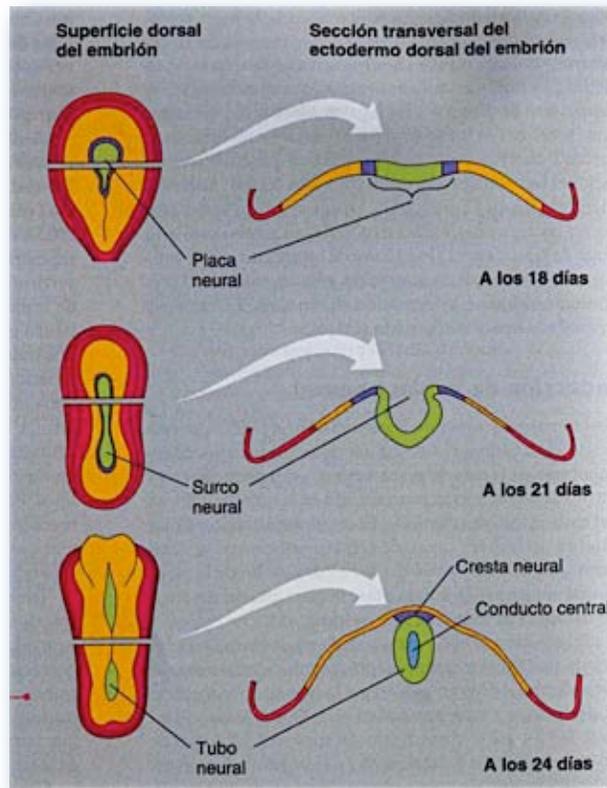
Cuando pensamos en el significado de las palabras aprender y recordar seguramente podemos imaginar un sistema nervioso en 3D que es capaz de realizar estas tareas: un complejo sistema de elementos nerviosos conectados entre sí formando redes y circuitos; sin embargo, el sistema nervioso no es una red estática de interconexiones: es un órgano vivo que cambia, es decir, que tiene *plasticidad*, que es capaz de modificarse de acuerdo con sus patrones genéticos y a su interacción con el medio ambiente.<sup>297</sup> Pero, ¿cómo se forma el sistema nervioso? A partir de la formación del cigoto (fusión de un óvulo y un espermatozoide), célula única que comienza su división en dos células hijas y a su vez en 4, y así sucesivamente, ocurren tres apasionantes fenómenos: la *diferenciación celular*, que da origen a los distintos tipos de células de nuestro cuerpo, la *migración celular*, que consiste en el traslado de células a lugares específicos para la formación de estructuras concretas, y la *relación funcional celular*, que establece la comunicación adecuada entre células<sup>298</sup>. Bajo

<sup>296</sup> E. JENSEN, *Cerebro y Aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas*, Narcea, Madrid 2004<sup>2</sup>, 25-26.

<sup>297</sup> J.P.J. PINEL, *op. cit.*, 236.

<sup>298</sup> *Ibid.*, 237.

estos tres principios, las células producen su trabajo hasta diferenciarse en tres capas: ectodermo, mesodermo y endodermo. Cuando un pequeño fragmento de tejido ectodérmico (capa más externa) se convierte en la *placa neural*, puede decirse que ha comenzado la extraordinaria formación del sistema nervioso central que se inicia en torno al día 18° después de la concepción; es decir, antes de que una mujer se percate de que está embarazada ya se está desarrollando el sistema nervioso central de un nuevo ser humano. Una vez que aparece la *placa neural*, la capacidad pleni-potencial de las células del ectodermo se va perdiendo, es decir, que sólo podrán convertirse en células del sistema nervioso y, por lo tanto, en células pluri-potenciales. Esta *placa neural* se pliega para formar un *surco neural* y éste, a su vez, fusionará sus pliegues para formar el *tubo neural*. Cuando se ha formado el *tubo neural*, comienza dentro de él una proliferación de células en gran escala, siguiendo una secuencia característica, para posteriormente empezar la migración y el agrupamiento de estas células.

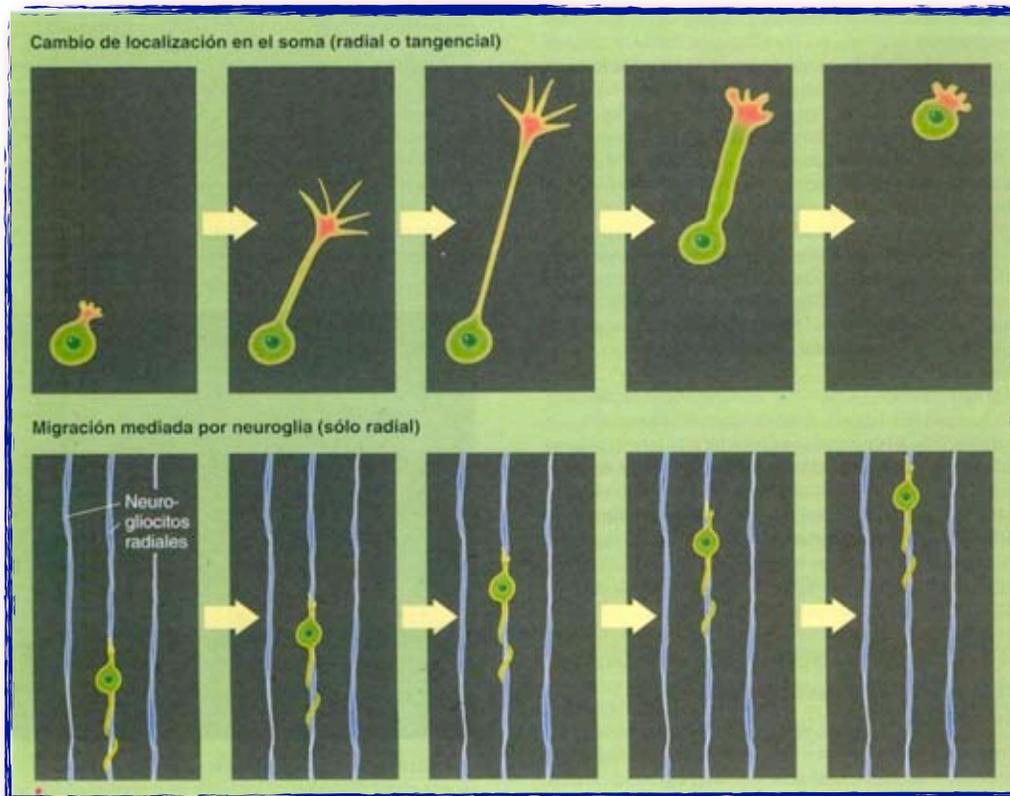


**Figura 14**

Cómo la placa neural se convierte en el tubo neural durante la

tercera y la cuarta semanas del desarrollo embriológico humano [Pinel 2007, 238]

Se cree que tanto la migración como el agrupamiento celular están mediados por *moléculas de adherencia celular*, o MAC's, que se encuentran en la superficie de las neuronas y de otras células. Las MAC's tienen la capacidad de reconocer moléculas de otras células y adherirse a ellas<sup>299</sup>. La migración y el agrupamiento celular son completamente vulnerables a la ingesta de sustancias como alcohol, nicotina y algunos opiáceos, así como a la desnutrición de la madre, pues estos factores modifican la morfología del SNC, especialmente del cerebro, ocasionando probablemente deficiencias en el funcionamiento cognitivo. De aquí, la gran importancia de poner atención en la ingesta de estas sustancias ante la posibilidad de un embarazo y en la correcta alimentación de la madre durante el periodo de gestación.



**Figura 15**

Dos métodos por los que las células migran en el tubo neural en desarrollo: migración por cambio de localización en el soma y migración mediada por neuroglia [Pinel 2007, 239]

<sup>299</sup> *Ibid.*, 240.

Una vez que las neuronas han llegado al lugar adecuado y se han agrupado en estructuras nerviosas, comienzan a surgir de ellas los axones y las dendritas<sup>300</sup>, que posteriormente se conectarán mediante la formación de *sinapsis*.

#### PARA PROFUNDIZAR

Podemos dividir entonces el desarrollo del sistema nervioso en seis fases diferenciadas: 1) Neurogénesis, o división por mitosis de células no neuronales que producirán neuronas; 2) Migración celular, por movimientos masivos de células nerviosas que establecerán poblaciones diferenciadas (núcleos del SNC, capas de la corteza cerebral, etc.); 3) Diferenciación de las células en tipos característicos de neuronas; 4) Sinaptogénesis, o establecimiento de conexiones sinápticas a medida que crecen los axones y las dendritas; 5) Muerte de células neuronales, o muerte selectiva de muchas células nerviosas; 6) Nueva disposición de sinapsis, por pérdida de algunas sinapsis y desarrollo de otras para perfeccionar las conexiones sinápticas<sup>301</sup>.

Se considera que existe un periodo crítico durante la etapa prenatal, que va del día 18 al día 55 aproximadamente, etapa en la que ocurre la diferenciación de los órganos. Debido a la exposición de agentes teratogénicos (agentes que dañan al organismo) pueden surgir alteraciones, funcionales o morfológicas, que van desde la interrupción en el desarrollo, la agenesia o la ausencia de un órgano, hasta la hiperplasia celular y el desarrollo aberrante. Los agentes que producen estas consecuencias pueden ser desde la ingesta de alcohol, tetraciclina y talidomida, las infecciones, tales como sífilis, herpes, toxoplasmosis, citomegalovirus y rubéola, hasta los contaminantes ambientales con mercurio, DDT, monóxido de carbono y plomo<sup>302</sup>. Estas seis fases se suceden a ritmos y momentos diferentes, pudiendo traslaparse dentro de una región específica.

---

<sup>300</sup> *Idem.*

<sup>301</sup> M.R. ROSENZWEIG, *Psicología biológica. Una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*, Ariel, Madrid 2001, 217.

<sup>302</sup> A. TÉLLEZ LÓPEZ, (compilación de), *Atención, Aprendizaje y Memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 23.

## **Atención y aprendizaje**

### *1. Receptores sensoriales y percepción*

Nuestro primer contacto con el mundo que nos circunda es gracias a nuestros receptores sensoriales. Ellos están formados por conjuntos de células especializadas en la recepción de estímulos específicos que recogen la información del medio ambiente llevándola hacia el sistema nervioso central, en donde ésta será analizada en diversas áreas y posteriormente integrada. Nuestros receptores sensoriales se clasifican en:

- 1) *quimiorreceptores*: recogen las sustancias químicas del gusto y del olfato.
- 2) *mecano-receptores*: captan la información vibratoria a través del contacto físico por medio de la piel.
- 3) *fono-receptores*: perciben la información vibratoria sonora mediante el oído.
- 4) *termo- receptores*: captan información relacionada con la temperatura.

5) *fotorreceptores*: reciben la información vibratoria óptica, de luz, color, tamaño y forma, mediante el sentido de la vista<sup>303</sup>.

Los sistemas sensitivos presentan una organización jerárquica, están funcionalmente separados y son paralelos<sup>304</sup>. Esto significa que existe un orden de mandos en la recepción sensitiva que no es posible alterar, y que su funcionamiento y organización no es ni de tipo homogéneo ni de tipo lineal, ya que trabaja mediante sistemas de integración.

Se llama *aprendizaje perceptivo* a «la capacidad para aprender a reconocer estímulos que ya se han percibido antes» y su función es «aportar la capacidad de identificar y catalogar objetos (incluyendo a otros miembros de nuestra especie) y situaciones»<sup>305</sup>. Se piensa que este tipo de aprendizaje perceptivo produce cambios en la *corteza sensorial asociativa*<sup>306</sup>.

La percepción es un fenómeno que no se da de la misma manera en todos los organismos, ya que cada especie está diseñada para captar la información que le llega del exterior en relación a sus necesidades de adaptación al entorno heredadas a través de procesos evolutivos. En realidad, aún entre organismos de la misma especie, existen diferencias en el aspecto cualitativo de la sensación. A esta diferencia, que también se le ha relacionado como el aspecto más subjetivo de la conciencia, se le ha dado el nombre de *qualia*<sup>307</sup>, pues ¿cómo saber que un sonido es escuchado por dos personas de la misma manera?

La percepción va mucho más allá de la sensación, ya que, según Neisser, 1967, y Ornstein, 1972, los seres humanos utilizamos los datos recibidos por «nuestros receptores sensoriales para construir una percepción global de la situación»<sup>308</sup>.

---

<sup>303</sup> J.L. GARCÍA SALAZAR, *Fundamentos del aprendizaje*, Editorial Trillas, México 2008, 79.

<sup>304</sup> J.P.J. PINEL, *Biopsicología*, Pearson Educación Addison Wesley. Madrid 2007, 174-175.

<sup>305</sup> N.R. CARLSON, *Fisiología de la Conducta*, Pearson Educación Addison W., Madrid 2006, 455.

<sup>306</sup> Cfr. *Idem*.

<sup>307</sup> Cfr., G.M. EDELMAN – G.TONONI, *El universo de la conciencia*. Crítica, Barcelona 2002, 193-214.

<sup>308</sup> J.E. ORMROD, *Aprendizaje humano*, Pearson Prentice Hall, Madrid 2007, 249.

## 2. *Atención*

Tres términos que utilizamos con frecuencia y familiaridad son: “atención, aprendizaje y memoria”; sin embargo, cuando pensamos en la definición de cada uno, nos encontramos ante muchas interrogantes acerca de sus diferencias y funciones.

Habitualmente, cuando pensamos en “atención”, nos referimos al fenómeno que ocurre en un lapso de tiempo determinado, en el cual dirigimos nuestra conciencia disponiendo nuestros sentidos a ser estimulados; no obstante, la atención es un fenómeno mucho más complejo que la simple recepción de estímulos, ya que involucra diversos procesos, como el filtrado de percepciones, el equilibrado de percepciones múltiples y la asignación de significados emocionales<sup>309</sup>. Se han identificado cuatro componentes en el sistema de la atención: *a)* la vela, o vigilia, se refiere al nivel más bajo de vigilancia controlada por el tronco cerebral; *b)* la orientación motriz es proporcionada por los centros motores del cerebro permitiéndonos el movimiento físico para reorientarnos hacia la fuente de nuestra atención; *c)* la detección de novedades y la recompensa son reguladas por el sistema límbico; *d)* la organización ejecutiva se refiere a la toma de decisiones, vinculando nuestra atención con objetivos a corto y largo plazo, y es regida por la corteza, especialmente por los lóbulos frontales<sup>310</sup>.

El poner atención en algunos aspectos de la experiencia y dejar de lado otros recibe el nombre de *atención selectiva*, y responde a la motivación y a los intereses personales de cada individuo<sup>311</sup>. Por naturaleza, la atención es selectiva «debido a que los recursos del cerebro son limitados (O’Donnell, 2002; Macaluso, Frith y Driver, 2002)»<sup>312</sup>. La atención implica concentrar y enfocar recursos mentales<sup>313</sup> y es el segundo paso, después de la percepción, hacia los procesos de aprendizaje y memoria.

---

<sup>309</sup> J.J. RATEY, *El cerebro: manual de instrucciones*, Mondadori, Barcelona 2003, 148.

<sup>310</sup> *Ibid.*, 149.

<sup>311</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología*, Mc Graw Hill, Ciudad de México 2004, 242.

<sup>312</sup> *Idem.*

<sup>313</sup> *Ibid.*, 249.

La atención presenta seis características particulares:

1.

Selectividad: nuestros sentidos se encuentran siempre dispuestos a recoger los estímulos que vienen de nuestro entorno, pero no todo lo que nos rodea es importante en ese preciso momento, ya que constantemente elegimos la información que nos interesa. Ciertos tipos de información que llegan a nuestros sentidos carecen de sentido en contextos específicos: Si nos encontramos en la parada de autobuses cercana a nuestra casa y estamos interesados en tomar un autobús determinado que nos lleve hacia nuestro trabajo, en ese momento estamos expuestos a muchos estímulos sensoriales. Tómese como ejemplo sólo un instante a manera de fotografía de la probable situación en la que nos encontraríamos. Si es una calle muy transitada, observaremos el flujo de automóviles que pasa por el arroyo vehicular, los diferentes modelos, colores y tamaños, y los diversos sonidos que cada uno produce al arrancar o al frenar. Observaremos también a la gente que cruza la calle, que aborda los autos y autobuses, escucharemos asimismo los sonidos de los pájaros que se encuentran en la copa de un árbol cercano, el ladrar de perros de calles vecinas. Sentiremos el olor que despiden los vehículos, el olor a tierra y polvo y, si es un día húmedo, seremos capaces de percibir el olor a mojado y demás aromas que despiden las personas que pasan a nuestro lado. Además, sentiremos los cambios de temperatura, si el día es cálido o fresco, si el ambiente es seco o húmedo, y al mismo tiempo percibiremos los diferentes cambios de luz dependiendo de la hora del día y la estación del año en la que nos encontremos. Mientras todo esto sucede, también estaremos controlando nuestra posición corporal: si estamos de pie, tal vez cambiaremos a menudo hacia dónde cargar nuestro cuerpo, sobre todo si llevamos un portafolio o una mochila, y si estamos sentados adoptaremos diversas posturas dependiendo del tiempo que pasemos aguardando el autobús. En medio de este cóctel de percepciones, seguimos teniendo un objetivo definido: estar atentos a identificar visualmente con precisión el autobús que debemos tomar e, igualmente, ver la manera de abordarlo una vez que llegue a la parada en caso de que éste venga casi completo. De esta manera, podemos darnos cuenta de cómo seleccionamos los objetos a los que pondremos atención dentro de una situación determinada, ya que, como en el ejemplo anterior, el contexto podría ser distinto y encontrarnos en la misma parada de autobús simplemente refugiándonos de la lluvia sin el deseo de tomar un transporte, o tomándonos un descanso después de una larga caminata. Este proceso implica que sólo cierto tipo de información vendrá destacado mientras que las demás señales informativas serán inhibidas. Cuando seleccionamos el objeto de nuestra atención, generalmente dirigimos nuestra vista y movemos nuestro

cuerpo orientándonos hacia él para poder tener una respuesta ante dicho estímulo que es de nuestro interés (Cohen, 1993)<sup>314</sup>.

2.

Volumen: es la cantidad de cosas que podemos atender al mismo tiempo, o casi contemporáneamente. Generalmente, cuando nos encontramos en la fase primaria de aprendizaje de algo nuevo, nuestra atención concentra una mayor cantidad de volumen, de manera que, una vez que ese aprendizaje es cada vez más conocido, nuestro volumen de atención es menor, y consecuentemente podremos poner atención a más cosas a la vez.

3.

Ciclicidad: la atención se encuentra estrechamente ligada a los ritmos de actividad y descanso<sup>315</sup>. Según los expertos, nuestros ciclos fluctúan por periodos de 90 minutos.

4.

Dirección: es el cambio voluntario o involuntario referido hacia dónde centraremos nuestra conciencia. Imaginemos que nos seguimos encontrando en la parada de autobús y, como ya lo mencionamos, nuestra atención está dirigida a nuestro objetivo, que es tomar el autobús para ir al trabajo, pero intempestivamente escuchamos el rechinar de las llantas de un automóvil y fracciones de segundo después el sonido de un impacto entre dos vehículos. Entonces, nuestra atención es dirigida, en este caso inconscientemente, y debido al estruendoso sonido, hacia la fuente que lo ha producido, dado que un sonido fuerte siempre nos alerta ante el peligro de manera que tenemos una respuesta automática hacia este tipo de estímulos. Si, en lugar de escuchar un accidente, de pronto pasa alguna persona a la que conocemos y estamos dispuestos a saludar, nuestra atención también cambia su dirección, pero esta vez de manera voluntaria, porque, en ese momento, nuestro objetivo principal pasa por un momento a un segundo plano, otorgándole a este otro objetivo de hablarle a la persona que hemos encontrado el primer lugar. La dirección, al igual que la característica de la estabilidad, que se explicará más adelante, se encuentran estrechamente ligadas a la motivación, conformada por los intereses y las necesidades que cada individuo presenta<sup>316</sup>.

5.

Intensidad: nuestra atención también está expuesta a diversos niveles o grados de intensidad, que pueden ir desde el desinterés hasta la concentración profunda<sup>317</sup>. Si algo nos interesa, y tiene un importante significado, estaremos en condición de concentrarnos en mayor grado

---

<sup>314</sup> H. TÉLLEZ OLVERA, *La atención*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Editorial Trillas, México 2002, 49.

<sup>315</sup> *Ibid.*, 50.

<sup>316</sup> *Ibid.*, 46.

<sup>317</sup> *Ibid.*, 51.

que si nuestro interés es menor. Pensemos en el mismo ejemplo de la parada de autobús. Esta vez, al estar esperando nuestro transporte, contemporáneamente estamos repasando la exposición en público que haremos más tarde, de manera que nuestra atención es selectiva y dirigida a nuestros apuntes. Nos es tan importante la exposición ante el público y nos encontramos tan concentrados en nuestras notas, que hasta nos hemos olvidado de que nos encontramos en la parada el autobús, de todo lo que pasa a nuestro alrededor y, más aún, hasta cierto punto hemos olvidado que debemos tomar el transporte.

6.

Estabilidad: la estabilidad de la atención no es uniforme en todos los individuos, y depende de la edad y el desarrollo de cada persona. En los niños pequeños, la estabilidad es mucho menor que en los adultos: aproximadamente de entre 15 y 20 minutos. Gradualmente, con el paso del tiempo, este lapso se incrementa hasta periodos poco mayores de hasta una hora en los adultos<sup>318</sup>.

Según lo cita H. Téllez, José María Beltrán (1988)<sup>319</sup> argumenta que el proceso de la atención presenta tres fases: a) Selección de información: ésta se encuentra relacionada con la selectividad de la que ya hablamos en párrafos anteriores, dando mayor o menor énfasis a cierto tipo de información, según la motivación intrínseca y extrínseca. b) Mantenimiento de la atención: el mantenimiento se relaciona con la estabilidad y la intensidad, ya que requiere de una focalización determinada dentro de un lapso de tiempo, en el que las experiencias personales y la motivación tendrán una gran influencia. c) Paso a otra actividad: se refiere a la continua transitoriedad de nuestra atención, pues no debemos olvidar que es un proceso dinámico de naturaleza extrínseca e intrínseca (perceptiva y motivacional).

Existen también variables que se relacionan con las diferencias individuales, como el sexo, la edad, la personalidad, los estilos cognitivos, los ritmos biológicos, la motivación y las tendencias culturales.

### 3. *Aprendizaje: aspectos generales*

El aprendizaje se puede definir como «la influencia relativamente permanente, en el comportamiento, el conocimiento y las habilidades del pensamiento, que ocurre a través de

---

<sup>318</sup> *Ibid.*, 51-52.

<sup>319</sup> *Ibid.*, 45.

la experiencia»<sup>320</sup>, o bien, como «el medio mediante el que no sólo adquirimos habilidades y conocimiento, sino también valores, actitudes y reacciones emocionales»<sup>321</sup>. No todos los comportamientos humanos son aprendidos; por ejemplo, sabemos cómo dormir desde que nacemos, nadie nos ha enseñado a deglutir los alimentos, nos sobresaltamos al escuchar un sonido estruendoso y, sin embargo, realizamos todas estas conductas de manera innata, siendo este tipo de conocimientos no aprendidos, hereditarios o genéticos.

Hablar de aprendizaje significa tener presente que este fenómeno no sólo se refiere a conductas académicas, sino a muchos otros aspectos de la vida, como lo señala Domjan en distintos escritos (2000, 2002)<sup>322</sup>, donde manifiesta que el aprendizaje es muy amplio.

#### PARA PROFUNDIZAR

El término aprendizaje se refiere, según Neil R. Carlson, al proceso mediante el cual las experiencias modifican nuestro sistema nervioso y, por tanto, nuestra conducta<sup>323</sup>. Para otros, aprendizaje es “la capacidad de adquirir nuevos conocimientos o habilidades mediante la instrucción o la experiencia”<sup>324</sup>.

Eric Kandel y sus colaboradores definen al aprendizaje como «proceso por el cual nosotros y los animales adquirimos conocimientos sobre el mundo»<sup>325</sup>, mientras que John R. Anderson propone que la definición más común de aprendizaje es: «aprendizaje es el proceso por el cual ocurren cambios duraderos en el potencial conductual como resultado de la experiencia»<sup>326</sup>, distinguiéndolo de la memoria, a la que define como «el registro de la experiencia que subyace en el aprendizaje»<sup>327</sup>. Si analizamos estas dos definiciones, podemos observar dos palabras claves: proceso en la definición de aprendizaje y registro en la de memoria, las cuales nos dan la diferencia fundamental entre estos dos fenómenos que ocurren en nuestro cerebro. Al hablar de proceso, entendemos que el aprendizaje es un algo no conclusivo, que es dinámico y por el cual ocurrirán cambios en el potencial conductual, mientras que al hablar de registro entendemos que ese proceso

<sup>320</sup> J.W. SANTROCK, *Psicología de la Educación*, Mc Graw Hill, México 2006, 210.

<sup>321</sup> J.E. ORMROD, *op. cit.*, 5.

<sup>322</sup> Cfr. M. DOMJAN, *Principios de aprendizaje y conducta*, Thomson Paraninfo, Madrid 2006.

<sup>323</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 455.

<sup>324</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *Principios de Anatomía y Fisiología*, Oxford University Press, México 2002<sup>2</sup>, 511.

<sup>325</sup> E.R. KANDEL (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson Prentice Hall, Madrid 1997, 695.

<sup>326</sup> J.R. ANDERSON, *Aprendizaje y Memoria*, McGraw-Hill (Interamericana Editores), México 2001, 5-6.

<sup>327</sup> *Idem*.

dinámico que tendrá una consecuencia es plasmado o impreso; no obstante – como veremos más adelante – la memoria como tal también es un proceso dinámico, característica que puede complicar un poco la claridad de estas dos definiciones. Ahora bien, cuando en la definición de aprendizaje se menciona el potencial conductual, uno se está refiriendo a que la forma en que se puede verificar si el fenómeno aprendizaje se llevó o no a cabo es mediante la eficiencia en el desempeño. Los psicólogos hacen una diferenciación entre aprendizaje y desempeño, puntualizando que el desempeño es una manifestación conductual del cambio subyacente por el aprendizaje<sup>328</sup>. El aprendizaje es un proceso de adaptación que depende de la información del medio ambiente por la cual se va modificando el comportamiento según la experiencia, mientras que la memoria es el resultado o el producto de los cambios obtenidos mediante el aprendizaje<sup>329</sup>, o bien, el proceso mediante el cual se conservan, al pasar el tiempo, los conocimientos adquiridos a través del aprendizaje<sup>330</sup>.

Al definir al aprendizaje como proceso de adaptación, seguramente nos vendrá a la mente el término *instinto*, ya que este corresponde también a un proceso de adaptación, pero que es determinado bajo patrones de conducta definidos genéticamente, es decir, que estos patrones conductuales no son modificables por la voluntad y que, como se ha descubierto, van perdiendo importancia en las especies más evolucionadas al grado de que es difícil identificar conductas instintivas puras en los seres humanos<sup>331</sup>. Una diferencia fundamental entre instinto y aprendizaje es que en los comportamientos instintivos no existe la posibilidad del error, lo cual garantiza la continuidad de la especie; ejemplo de ello es el caso de la migración durante el invierno de las mariposas monarca a los bosques de los Estados de Michoacán y Estado de México, que se repite año con año. Esta conducta instintiva puede al mismo tiempo ser condición de extinción de la especie por no ser eficiente ante un medio ambiente cambiante; en cambio, el aprendizaje, proporciona mayor adaptabilidad y variabilidad y permite cometer errores<sup>332</sup>.

---

<sup>328</sup> *Ibid.*, 5.

<sup>329</sup> *Ibid.*, 5-6.

<sup>330</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY, *op. cit.*, 511.

<sup>331</sup> M.E. MENDOZA GONZÁLEZ, *Aprendizaje*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 70-71.

<sup>332</sup> *Ibid.*, 71.

Siendo un mecanismo de adaptación, el aprendizaje se encuentra sujeto a la interacción con el medio ambiente que no es estable y que siempre proporcionará estímulos diversos. Pero, ¿qué sucede en nuestro cerebro ante esta interacción? Cuando un estímulo llega al cerebro éste se procesa y distribuye a varios niveles; si el estímulo es ya conocido, las vías neuronales se refuerzan volviéndose cada vez más eficientes; en cambio, si el estímulo es nuevo, se requiere de una mayor actividad a nivel cerebral para su procesamiento. ¿Y cómo ocurre esto? Un dato muy importante que debe ser considerado en el estudio del aprendizaje es que éste no es un proceso aislado sino que es multifactorial ya que se encuentra íntimamente relacionado con otros procesos, como la atención, la memoria, la emoción y el lenguaje<sup>333</sup>.

Un aspecto importante relacionado con el aprendizaje en los seres humanos es la búsqueda de significados. Para procesar la información que nos llega del exterior, la cual ha pasado ya por el proceso de la atención, es necesario un lapso de tiempo en donde se asiente la información para más tarde asignarle significado o significados, situación que implica un tiempo de reflexión. Ahora bien, la cantidad de tiempo necesaria para el procesamiento dependerá de la cantidad y el grado de dificultad del material a aprender, conjuntamente con las características individuales<sup>334</sup>.

#### PARA PROFUNDIZAR

Debido a la interacción entre cerebro y medio ambiente, la experiencia y los ambientes enriquecidos juegan un papel decisivo en el desarrollo, entendiendo como ambiente enriquecido el acceso a una gama de estímulos sensoriales y posibilidades óptimas de interacción, incluyendo aquellas de tipo social. A este respecto, se han realizado experimentos con ratas en donde se han constatado diferencias significativas entre los animales que son expuestos a ambientes enriquecidos y ambientes empobrecidos. Estas comparaciones han mostrado que una elevada estimulación provoca un engrosamiento considerable de la corteza cerebral sin aumentar el número de neuronas (ya que, hasta donde se sabe, el aumento de neuronas no es posible). Ya en 1780, el anatomista italiano Gaetano Malacarne escribió el primer informe científico sobre cambios cerebrales resultantes de la experiencia, pues realizó comparaciones entre dos perros y dos jilgueros de la misma camada, en donde a un miembro de cada

---

<sup>333</sup> G.J. TORTORA – S. REYNOLDS GRABOWSKY , *op. cit.*, 511, 90.

<sup>334</sup> E. JENSEN, *Cerebro y Aprendizaje, competencias e implicaciones educativas*, Narcea, Madrid 2004, 71-73.

par se le dio entrenamiento por un largo tiempo, dejando sin estímulo alguno al otro miembro. Según su informe, se observaban más pliegues en los cerebros de los miembros entrenados que en los que no habían sido entrenados<sup>335</sup>. A este respecto, se han realizado muchos otros experimentos comparativos entre animales expuestos a ambientes enriquecidos o a ambientes empobrecidos y se ha llegado a la conclusión de que el córtex aumenta de peso fácilmente como respuesta ante ambientes enriquecidos, cambiando poco el peso del resto del cerebro, y que este aumento de peso se da en la misma medida en ratas maduras que en ratas jóvenes, aunque las primeras necesiten de un mayor tiempo de estimulación<sup>336</sup>. También se han realizado mediciones en humanos encontrándose semejanzas significativas con los resultados en animales. Tal es el caso de un distinguido violinista que mostraba un engrosamiento casi al doble de lo que se encuentra en un individuo "común" de la capa IV de la región cortical auditiva primaria, mientras que en el caso de un artista plástico, que mostraba una asombrosa capacidad de percepción de imágenes eidéticas, se le encontró un engrosamiento en la capa IV de la corteza visual primaria<sup>337</sup>. El aprendizaje se presenta, en general, en cuatro formas básicas: aprendizaje perceptivo, aprendizaje estímulo-respuesta, aprendizaje motor y aprendizaje relacional. El aprendizaje perceptivo, como ya se había dicho, se refiere a la capacidad para aprender a reconocer estímulos percibidos con anterioridad aportándonos la capacidad de identificar y catalogar situaciones, objetos, personas y animales (aquello que no soy yo) mediante nuestros sistemas sensoriales de manera visual, auditiva, táctil y olfatoria produciéndose cambios en los sistemas sensoriales del cerebro. El aprendizaje estímulo-respuesta es la capacidad de aprender a ejecutar una conducta determinada cuando se presenta un estímulo determinado, es decir, involucra circuitos que establecen conexiones entre la percepción y el movimiento. Este tipo de aprendizaje abarca dos categorías principales: el condicionamiento clásico y el condicionamiento operante o instrumental, los cuales se describirán más adelante. El aprendizaje motor es considerado como una forma especial de aprendizaje estímulo-respuesta que produce cambios en los sistemas motores. Por último, el aprendizaje relacional se refiere a una forma de aprendizaje compleja que incluye la capacidad de reconocimiento de objetos, de su localización relativa y el recordar la secuencia en la que ocurren los acontecimientos en más de una modalidad sensorial<sup>338</sup>. Dentro de este tipo de aprendizaje relacional encontramos el aprendizaje espacial, el aprendizaje episódico y el aprendizaje observacional.

Otro tipo de clasificación del aprendizaje, se basa en la diferenciación en el modo de almacenamiento, recuperación y tipo de información del aprendizaje: el *aprendizaje*

---

<sup>335</sup> E.A. BUTCHER (et al.), *Plasticidad cerebral*, en A. Téllez López (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 18.

<sup>336</sup> *Ibid.*, 21.

<sup>337</sup> *Idem.*

<sup>338</sup> *Ibid.*, 457-459.

*implícito, o de procedimiento, y el aprendizaje consciente, o declarativo*<sup>339</sup>. Debemos tener cuidado en el manejo de estos dos términos ya que también se utilizan cuando se habla de memoria de procedimientos, memoria implícita o de habilidades y memoria declarativa o explícita<sup>340</sup>.

El tipo de aprendizaje en el que centraremos la atención es el de procedimientos o habilidades o llamado también aprendizaje de destrezas que, como su nombre lo indica, corresponde al procedimiento por el cual podemos llegar a la realización de una acción. Para el estudio de este tipo de aprendizaje, los sujetos deben ejecutar una tarea difícil en pruebas repetidas durante una o más sesiones. Tal es el caso de la tarea ejecutada por H.M.<sup>341</sup> (que se explicará en el capítulo de memoria), quien debía dibujar el contorno de una figura pero mirando ésta a través de un espejo.

Es posible clasificar este tipo de aprendizaje como aprendizaje motor; sin embargo, este tipo de aprendizaje es mucho más complejo que el movimiento producido por estimulación y se relaciona con el aprendizaje relacional. Un claro ejemplo de esto es el procedimiento mediante el cual aprendemos a conducir un automóvil y cómo, con el paso del tiempo, esta tarea se hace cada vez más automática. Este tipo de aprendizaje, que se almacena en el tipo de memoria que lleva el mismo nombre, “memoria de habilidades o procedural”, se adquiere de manera lenta y a través de muchos ensayos. Tal es el caso de la adquisición de las habilidades necesarias para tocar un instrumento musical, en la que se necesitan muchas horas de ensayo para el dominio de una obra, al grado de automatizarlo, de manera que es posible pensar en otra cosa completamente distinta mientras la obra es ejecutada. Paradójicamente, el aprendizaje de una obra musical determinada no garantiza, por sí mismo, la capacidad inmediata de ejecución de una obra distinta en el mismo

---

<sup>339</sup> M.E. MENDOZA GONZÁLEZ, *op. cit.*, 72.

<sup>340</sup> Como se verá más adelante también dentro de la taxonomía de la memoria encontramos estos términos que pueden llevarnos a una confusión, por lo que debemos estar atentos a las diferencias y distintas ópticas con las que se utilizan.

<sup>341</sup> Las letras H.M. se refieren en la literatura a una persona de nombre Henry quien ha sufrido ataques epilépticos desde los 16 años. Tal era su enfermedad, que a los 27 años no era posible controlarla mediante medicación y, por tanto, se le extirpó tejido de las regiones basales mediales de ambos lóbulos temporales incluyendo gran parte de la amígdala y el hipocampo. Después de la operación, los ataques fueron más leves, pero ésta tuvo un precio altísimo e imprevisto: ahora Henry padecía de amnesia retrógrada.

M.R. ROSENZWEIG, *Psicología biológica. Una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*, Ariel, Madrid 2001.

instrumento<sup>342</sup>. Generalmente, en este tipo de aprendizaje de procedimientos, el individuo no es capaz de describir cómo logró la ejecución de la acción, como lo indican Kandel y Hawkins (1992)<sup>343</sup>. Otros investigadores, como Rosenzweig y Leiman (1992)<sup>344</sup>, han incluido dentro de este tipo de aprendizaje los hábitos o las tareas que realizamos a diario, como la manera de acuerdo con la cual hacemos el aseo personal, o aquella según la cual comemos. También se incluyen dentro de esta clasificación el condicionamiento clásico, el condicionamiento operante y los aprendizajes no asociativos, como la habituación y la sensibilización.

#### 4. *Aprendizajes no asociativos: habituación, sensibilización e impronta*

La *habituación* y la *sensibilización* son dos tipos de aprendizaje no asociativo considerados como los niveles más bajos de aprendizaje. La *habituación* es considerada como el nivel más bajo de aprendizaje y se considera la forma más elemental de aprendizaje implícito<sup>345</sup>. La habituación es la disminución de una respuesta innata a un estímulo que se repite varias veces, en donde el organismo aprende que el estímulo es inofensivo o no reforzador, suprimiendo en consecuencia la respuesta ante él. (Rosenzweig y Leiman, 1992). En otras palabras, la habituación es el decremento de la sensibilidad del organismo ante un estímulo incondicionado o, como lo señalan Kandel y sus colaboradores, «es el descenso de la respuesta a un estímulo moderado, repetitivo».<sup>346</sup>

La *sensibilización*, por otra parte, es el fenómeno inverso a la habituación, definiéndose como “el aumento en la reactividad debido a la estimulación no asociativa repetida”<sup>347</sup>; es decir, aumenta la sensibilidad del organismo a diversos estímulos a causa de la exposición

---

<sup>342</sup> Frecuentemente, en la enseñanza de un instrumento musical se da por sentado que al dominar una obra podemos, casi en automático, enfrentarnos a otra de grado de dificultad semejante con gran facilidad; sin embargo, los problemas motores a los que el alumno se enfrenta al pasar de una obra a otra son en general muy distintos.

<sup>343</sup> M.E. MENDOZA GONZÁLEZ, *op. cit.*, 72.

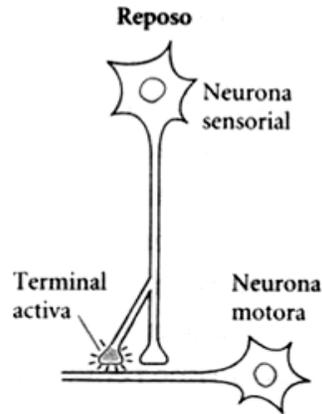
<sup>344</sup> *Idem.*

<sup>345</sup> *Ibid.*, 75.

<sup>346</sup> E.R. KANDEL (et al.), *op. cit.*, 703.

<sup>347</sup> M.E. MENDOZA GONZÁLEZ, *op. cit.*, 75.

al estímulo incondicionado<sup>348</sup>. Estos dos tipos de aprendizaje, según Kandel y su grupo, incluyen al aprendizaje por imitación, de gran importancia para la adquisición del lenguaje<sup>349</sup> y altamente efectivo en el aprendizaje musical.



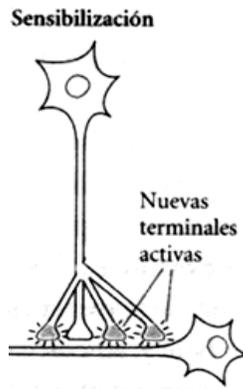
**Figura 1**

En reposo, esta neurona sensorial tiene dos puntos de contacto con una neurona motora.



**Figura 2**

La habituación de largo plazo hace que la neurona sensorial retraiga su terminal activa, lo que implica la paralización casi total de la transmisión sináptica.



**Figura 3**

La sensibilización de largo plazo hace que la neurona sensorial desarrolle nuevas terminales y establezca contactos más activos con la neurona motora. Así, se incrementa la transmisión sináptica.

[Kandel 2007, 252]

La *impronta* es el nombre que se le ha dado a uno de los fenómenos de aprendizaje innato que ha sido muy estudiado. Tenemos noticia de que este fenómeno era ya estudiado

<sup>348</sup> Cabe aclarar que tanto la habituación como la sensibilización no forman parte del condicionamiento clásico, que se explicará más adelante, por ser éstas dos tipos de aprendizaje no asociativo, a diferencia del condicionamiento clásico, que es aprendizaje de tipo asociativo.

<sup>349</sup> E.R. KANDEL (et al.), *op. cit.*, 704.

sistemáticamente a mediados del s XIX, según los documentos de Douglas Spalding; no obstante, quién despertó el interés en la impronta en la comunidad científica fue Konrad Lorenz, quien recibió el premio Nobel de Medicina en 1973. Lorenz definió al fenómeno de la impronta como un proceso único de aprendizaje con dos propósitos fundamentales: una forma de atracción hacia la madre inmediatamente después del nacimiento, a la cual llamó filial y una atracción también hacia la madre que serviría a lo largo de la vida para mantener preferencias adecuadas a la especie, llamándola impronta sexual. El interés en el estudio de este fenómeno posteriormente surgió por una corriente paralela a la del condicionamiento operante, del cual hablaremos más adelante, llamada *etología*, que proponía el análisis de la conducta animal sin intervenir en su hábitat y en el que se analizaban, entre otras cosas, las interacciones sociales, que van desde conductas alimenticias, defensivas, de migración y sexuales hasta conductas relacionadas con el acicalamiento y la limpieza<sup>350</sup>. Hess, en la década de los cincuenta, definió la impronta como un «proceso en el que el organismo aprende, durante un periodo crítico, a restringir sus preferencias sociales por objetos específicos»<sup>351</sup>.

##### 5. *Aprendizaje conductual*

En el afán por explicar el aprendizaje, la psicología moderna ha propuesto diversos modelos: el aprendizaje conductual y el aprendizaje cognoscitivo. El modelo conductual se basa en el conductismo, teoría que plantea que la conducta se explica por medio de experiencias observables y no a través de procesos mentales, los que se refieren al interior del individuo, como los pensamientos, los sentimientos y las motivaciones, ya que estos últimos no son observables de manera directa y, por ello, no son materia de estudio en la ciencia de la conducta. Dentro de esta postura conductista, encontramos dos perspectivas importantes en el estudio del aprendizaje: el condicionamiento clásico y el

---

<sup>350</sup> F. BERMÚDEZ RATTONI (et al.), *Memoria, dónde reside y cómo funciona*, Trillas, México 2001, 85.

<sup>351</sup> *Ibid*, 86.

condicionamiento operante, los que destacan el aprendizaje asociativo, consistente en aprender que dos eventos se encuentran conectados (Pearce, 2001)<sup>352</sup>.

### 5.1. Condicionamiento clásico

El condicionamiento clásico es un tipo de aprendizaje en el que un organismo aprende a asociar estímulos, de manera que un estímulo neutro (es decir que no tiene relación directa con la respuesta), se asocia a un estímulo significativo, adquiriendo este estímulo neutro la capacidad de provocar una respuesta similar a la producida por el estímulo significativo. Un condicionamiento es el proceso por el cual se aprenden asociaciones<sup>353</sup>, y es uno de los principales tipos de aprendizaje estímulo-respuesta. Mediante este mecanismo de asociación, los organismos son capaces de anticiparse a los eventos.

#### PARA PROFUNDIZAR

El modelo del condicionamiento clásico nació en los inicios de la década de 1900 de una manera accidental como producto secundario del estudio de la fisiología de la digestión de Iván Petrovich Pavlov, investigación con la cual este autor obtuvo el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1904. El condicionamiento de Pavlov se desarrolló de la siguiente manera: a un perro se le mostró carne en polvo (comida) la cual era un estímulo incondicionado (EI) (estímulo que produce de manera automática una respuesta sin que exista un aprendizaje previo) misma que le provocaba salivación (respuesta incondicionada (RI), una respuesta no aprendida provocada por el EI). Mediante diversas imágenes y sonidos que se le presentaban al perro antes de mostrarle el alimento, como el sonido de una puerta al cerrarse o el sonido de una campana, se creaba el estímulo condicionado (EC), el que consiste en un estímulo neutro que provoca una respuesta condicionada (respuesta aprendida ante el estímulo condicionado que ocurre después de la asociación de EI con EC) por la eventual asociación con el EI. Pavlov también descubrió que la salivación del perro ocurría ante sonidos semejantes y entre más parecido era el sonido al de la campana más fuerte era la respuesta, llamándole a esta relación generalización. “La generalización en el condicionamiento clásico se refiere a la tendencia de un nuevo estímulo similar al estímulo condicionado original, a producir una respuesta parecida (Jones, Kemenes y Benjamín, 2001)<sup>354</sup>.

<sup>352</sup> J.W. SANTROCK, *Psicología de la Educación, op. cit.*, 211.

<sup>353</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología, op. cit.*, 201.

<sup>354</sup> J.W. SANTROCK, *Psicología de la Educación, op. cit.*, 214.

También en el condicionamiento clásico, se encuentra la discriminación, fenómeno por el cual el sujeto de investigación responde ante ciertos estímulos y no ante otros. Pavlov provocaba discriminación cuando le daba comida al perro después de tocar la campana y no después de otro sonido.

Existen otros principios importantes dentro del condicionamiento clásico: la preparación, la extinción y la recuperación espontánea. La preparación en el aprendizaje es la predisposición biológica que tiene cada organismo de reaccionar y aprender de determinada manera, según lo afirmó en su investigación Seligman, en 1970. El proceso de la extinción del condicionamiento clásico se refiere al debilitamiento de una respuesta condicionada ante la ausencia del estímulo incondicionado. Este fenómeno ocurrió cuando Pavlov, después de tocar la campana, no le daba de comer al perro de manera que, después de repetidas veces, el perro dejó de salivar al escuchar la campana<sup>355</sup>.

Por último, el proceso de la *recuperación espontánea* se refiere a la aparición de una respuesta condicionada después de tiempo sin condicionamiento.

El condicionamiento clásico se ha aplicado no sólo en la psicología, sino también dentro del campo de la educación, utilizándose básicamente en la comprensión de la ansiedad y los miedos de los estudiantes<sup>356</sup>. Un método importante utilizado en el aprendizaje escolar basado en el condicionamiento clásico es la *desensibilización sistemática*, la cual reduce la ansiedad mediante la asociación de la relajación profunda con visualizaciones profundas sucesivas de situaciones que producen ansiedad creciente<sup>357</sup>.

## 5.2. Condicionamiento operante o instrumental

El condicionamiento operante fue sistematizado científicamente por Edgard Thorndike, en 1898, quien utilizó una caja problema en la cual colocaba un gato hambriento. La caja contenía una palanca que permitía salir libre al gato, de manera que si éste la oprimía de manera correcta podría comer el alimento que estaba afuera. Thorndike observó que el gato se comportaba explorando todo el interior de la caja, rasgándola y maullando hasta que por casualidad accionaban la palanca y la puerta se abría. Este comportamiento, al parecer al azar, iba disminuyendo una vez que el gato accionaba con mayor rapidez la palanca y le era

---

<sup>355</sup> *Idem.*

<sup>356</sup> *Ibid.*, 215.

<sup>357</sup> *Ibid.*, 214-215.

posible salir y fue llamado *aprendizaje por ensayo y error*. Mediante el condicionamiento instrumental, un organismo aprende que una respuesta dada a un tipo de estímulo particular será seguida por un reforzamiento<sup>358</sup>. En otras palabras, un organismo aprende “la asociación entre un comportamiento y una consecuencia”<sup>359</sup>, aumentando comportamientos de los que se obtendrán recompensas y disminuyendo los que provocan castigo. En este tipo de aprendizaje, así como en el condicionamiento clásico, se observan los fenómenos de extinción y recuperación<sup>360</sup>.

B. F. Skinner, perteneciente a la corriente del conductismo, y en ocasiones catalogado como conductista radical, estudió el condicionamiento operante. A él se le debe la caja experimental que lleva su nombre, que consiste en una caja a prueba de sonido que contiene una palanca con la cual las ratas al accionarla adquieren alimento, digamos una versión moderna de la caja de Thorndike<sup>361</sup>.

El condicionamiento operante se define “como una forma de aprendizaje por el cual los efectos de una conducta concreta en una situación concreta aumentan (reforzando) o disminuyen (castigando) la probabilidad de que se dé dicha conducta.”<sup>362</sup>.

Como ya se mencionó, el condicionamiento clásico implica respuestas automáticas propias de la especie, mientras que en el condicionamiento operante se encuentran implicadas conductas que se han aprendido<sup>363</sup>, siendo un aprendizaje más flexible, ya que permite que un organismo modifique su conducta en relación con las consecuencias, es decir, que cuando una conducta trae consecuencias favorables se tiende a repetirla (*estímulos reforzadores*), mientras que si trae consecuencias desfavorables se tiende a omitirla (*estímulos punitivos*). A este sencillo principio se le llama la *ley del efecto* y, según los psicólogos experimentales, esta ley rige en gran medida la conducta voluntaria<sup>364</sup>.

PARA PROFUNDIZAR

---

<sup>358</sup> J.R. ANDERSON, *op. cit.*, 88.

<sup>359</sup> J.W. SANTROCK, *Introducción a la psicología, op. cit.*, 201.

<sup>360</sup> J.R. ANDERSON, *op. cit.*, 15.

<sup>361</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op. cit.*, 643.

<sup>362</sup> N.R. CARLSON, *op. cit.*, 456

<sup>363</sup> *Idem.*

<sup>364</sup> E.R. KANDEL (et al.), *op. cit.*, 707.

Kandel y sus colaboradores sugieren que tanto el condicionamiento clásico como el operante pueden ser manifestaciones de los mismos mecanismos neurales, ya que las leyes que rigen ambos tipos de aprendizaje son bastante similares. Además, las relaciones de predicción son importantes de la misma manera, pues, en el condicionamiento clásico, el sujeto aprende que un estímulo determinado predice un acontecimiento posterior y, en el condicionamiento operante, el sujeto aprende a predecir las consecuencias de su propia conducta<sup>365</sup>.

Un aspecto muy importante del aprendizaje asociativo, que no debemos olvidar, es que el aprendizaje simple puede ser en realidad un aprendizaje complejo, según lo señalan los estudios de Colwill et al. (1988)<sup>366</sup>, en los que se afirma que el aprendizaje condicional depende del contexto ya que tienen múltiples aspectos debido a las circunstancias. Estudios sobre aprendizaje condicional realizados en *Aplysia californica*, caracol marino con un sistema nervioso simple carente de cerebro que consta de 20,000 células nerviosas centrales<sup>367</sup>, han revelado, entre otros descubrimientos, que no es necesario un cerebro para obtener un aprendizaje condicional, lo que explica la forma probable de acuerdo con la cual los sistemas nerviosos, incluyendo el nuestro, son capaces de reaccionar, modificándose físicamente para adaptarse al medio ambiente, como lo veremos en el capítulo siguiente.

## 6. *Antecedentes y bases del Cognitivismo*

Durante la década comprendida entre 1950 y 1960, muchos psicólogos de la corriente del conductismo comenzaron a sentirse insatisfechos con el planteamiento de dejar fuera de estudio los procesos mentales, tales como los pensamientos, los sentimientos y las motivaciones, y paulatinamente aparecieron importantes trabajos de corte cognitivo. Como ejemplo de esta tendencia, están las publicaciones de Noam Chomsky, sobre cuestiones psicolingüísticas, y las de Bruner, Goodnow y Austin (1956), sobre aprendizaje conceptual. En 1967, Ulric Neisser publicó su libro titulado *Psicología cognitiva* «que contribuyó a legitimar la teoría cognitiva como la principal alternativa al conductismo (Calfee, 1981)»<sup>368</sup>.

---

<sup>365</sup> *Idem.*

<sup>366</sup> M.R. ROSENZWEIG, *op. cit.*, 640.

<sup>367</sup> E.R. KANDEL (et al.), *op. cit.*, 717.

<sup>368</sup> Cfr. J.E. ORMROD, *op. cit.*, 177.

PARA PROFUNDIZAR

Edward Tolman (1886-1959), a pesar de que seguía los lineamientos del conductismo, fue más allá de sus contemporáneos y utilizó para la explicación de sus experimentos acerca del aprendizaje fenómenos mentales internos, adoptando una perspectiva más amplia de las relaciones entre estímulo-respuesta al adaptar las fuentes de investigación tradicionales del conductismo a las nuevas condiciones. Por otro lado, la psicología de la Gestalt (palabra alemana que traducida en términos generales significa «un todo estructurado»), corriente psicológica alemana en la que destacan Max Wertheimer, Wolfgang Köhler y Kurt Koffka, con una perspectiva diferente al conductismo estadounidense, destacó la importancia de los procesos de la organización perceptiva, el aprendizaje y la solución de problemas, propuso que existe una predisposición en las personas para organizar la información<sup>369</sup> y expuso las siguientes ideas básicas: a) La percepción suele ser diferente de la realidad, hipótesis derivada del análisis de M. Wertheimer (1912) de la ilusión óptica conocida como fenómeno phi, (impresión que tenemos de movimiento ante el encendido y el apagado de luces intermitentes secuenciales a un ritmo determinado); b) El todo es más que la suma de sus partes, pues los psicólogos de esta corriente creían que el estudio de la experiencia humana no puede estudiarse adecuadamente de manera fraccionada; c) El organismo estructura y organiza la experiencia, (postulado que comparte la investigación del aprendizaje verbal); d) El organismo está predispuesto a organizar la experiencia de manera determinada, en la que destaca 1) la ley de proximidad, que trata de explicar que las personas tienden a percibir como una unidad elementos que se encuentran cercanos entre sí:

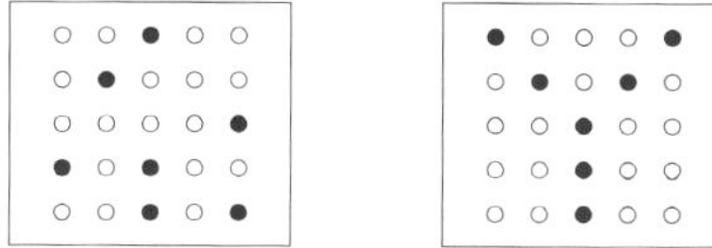


En esta imagen no sólo se ven 9 puntos, sino que se ven 3 grupos de 3 puntos cada uno, esto, debido a que se tienden a ver como una unidad los elementos más cercanos entre sí.

2) la ley de la similitud, que trata de explicar la tendencia de las personas a percibir como una unidad las cosas similares entre sí;

---

<sup>369</sup> Cfr *Ibid.*, 182-187.



Aquí, se tienden a percibir como una unidad los elementos que son similares entre sí. Ambos cuadros tienen la misma disposición de puntos; sin embargo, en el cuadro de la izquierda se puede observar una Y, misma que se tiende a ver como una unidad, a diferencia de la imagen del cuadro de la izquierda, donde no hay una relación obvia entre los puntos.

3) la ley de cierre se refiere al fenómeno de completar mentalmente lo que en la realidad está incompleto;



En esta imagen se lee "singing in the rain" a pesar de que el color de las letras se encuentra incompleto.

y 4) la ley de la Prägnanz (de la precisión o la concisión) que postula «que las personas siempre organizan su experiencia de la manera más simple, concisa, simétrica y completa posible»<sup>370</sup>; e) El aprendizaje se ajusta a la ley de la Prägnanz, que propone que: como el aprendizaje supone la formación de huellas en la memoria, dichas huellas se encuentran sujetas a esta ley de tal manera que al pasar el tiempo éstas tienden a volverse más simples, más concisas y más completas, y, por último, f) La resolución de problemas supone la reestructuración y el descubrimiento súbito, lo que sugiere que la solución de problemas va más allá del proceso ensayo-error propuesto por Thorndike (1898) ya que exige la combinación y la recombinación mental de los elementos de un problema hasta aparecer la estructura que lo resuelve, como lo demuestran los estudios realizados por Köhler en 1925, con un chimpancé llamado Sultán, el cual resolvió un problema en tres intentos cada uno con una técnica distinta, como se puede observar del texto transcrito a continuación: «Sultán intenta coger la fruta con el más pequeño de los dos palos. No tiene éxito, y lo intenta con un trozo de cable que lanza entre los barrotes, pero también en vano. Entonces mira alrededor (en el transcurso de estas pruebas siempre había pausas muy largas durante las cuales los animales escudriñaban a su alrededor).

<sup>370</sup> *Ibid.*, 185.

Repentinamente, agarra el palo pequeño, se dirige a los barrotes cercanos al palo largo, lo alcanza con él, los compara, y se dirige con el palo largo al otro lado de la jaula donde está la fruta, que esta vez sí puede alcanzar. Desde el momento en que sus ojos se posaron sobre el palo largo, su proceder se transformó en un todo coherente [...]».<sup>371</sup>

Jean Piaget, de quien ya habíamos hablado en el primer capítulo, realizó sus investigaciones de manera independiente tanto a la corriente conductista de E.U.A., como a los psicólogos de la Gestalt, proponiendo su teoría evolutiva que dice que los niños al ir creciendo van desarrollando esquemas cada vez más integrados y avanzados, de manera que el aprendizaje es una tarea individual. Sin embargo, contrario a esta idea en relación a la individualidad del aprendizaje, Lev Vygotsky, de quien también se habló en el capítulo primero, planteaba que los adultos son los promotores del aprendizaje infantil, ya que son la guía que, de manera intencional y sistemática, conduce las actividades de los pequeños, destacando la importancia de la sociedad y la cultura en la promoción del desarrollo cognitivo.

#### PARA PROFUNDIZAR

Entre los años 30 y 60 del siglo xx, nació un programa de investigación denominado aprendizaje verbal, en el que se estudiaron básicamente dos tareas de aprendizaje: el aprendizaje en serie y el aprendizaje de pares asociados. Conviene mostrar aquí algunos de los postulados que se desarrollaron en este programa que actualmente ha dejado su nombre de aprendizaje verbal (como se puede observar de la desaparición del *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, que se transformó en el *Journal of Memory and Language* en 1985): a) el aprendizaje en serie se caracteriza por un patrón determinado, de manera que se nota una mayor facilidad en el aprendizaje de algunos de los elementos de la serie, esto es, los primeros elementos de una lista y los últimos, llamándose, respectivamente, efecto de primacía y efecto de inmediatez; b) el material sobre-aprendido se recuerda con mayor facilidad, consistente en la práctica continuada de la materia que se desea dominar; c) la práctica distribuida suele ser más eficaz que la práctica masiva, lo que significa que la distribución del estudio en varias sesiones suele ser más provechoso que en una sola sesión; d) el aprendizaje en una situación suele afectar al aprendizaje y al recuerdo en otra situación distinta, lo que se refiere a la inhibición retroactiva, o sea, la disminución en la capacidad de aprendizaje cuando en dos listas

---

<sup>371</sup> W. KÖHLER, *The mentality of apes*, Routledge & Kegan Paul, London 1925, 180.

de pares asociados algunas palabras se repiten y se asocian con otras diferentes, de manera que el aprendizaje de la segunda lista interfiere con el recuerdo de la primera y a la inhibición proactiva, que se relaciona con la disminución en el aprendizaje de la segunda lista por la interferencia de la primera; sin embargo, bajo circunstancias diferentes, el aprendizaje de cierta información facilitará el recuerdo de otra aprendida con anterioridad, llamándose a este fenómeno facilitación retroactiva o preactiva, según sea el caso; e) las características de la materia afectan a la velocidad con la que ésta se aprende, según lo que los elementos significativos (que se asocian con facilidad con otras ideas) se aprenderán con mayor rapidez, los elementos serán más fáciles de aprender cuando sean pronunciables, los elementos concretos se aprenderán con mayor facilidad que los abstractos y el aprendizaje de elementos concretos resultará más fácil porque éstos pueden visualizarse mentalmente; f) las personas suelen imponer un significado cuando aprenden información nueva, esto es, la búsqueda de significados en el aprendizaje lo facilitará; g) las personas organizan aquello que aprenden, lo que significa que al aprender una lista de palabras que luego se pida recordar, lo normal será no recordarla en el orden original, sino que cada sujeto realice un recuerdo libre en el que se tienden a organizar las palabras por categorías; g) las personas suelen recurrir a estrategias de codificación para aprender, es decir, que aquellas asociarán la nueva información recibida con imágenes mentales, o con algún otro tipo de material que permita el recuerdo facilitado de esa información, y h) las personas tienen más tendencia a aprender ideas generales que a aprender palabras específicas, lo que quiere decir que las personas se centrarán en aprender las ideas y no en memorizar la información al pie de la letra, de manera que la capacidad de recuerdo será más precisa y el aprendizaje más rápido<sup>372</sup>.

Las teorías descritas anteriormente, dieron origen al *cognitivismo*, corriente que surgió a partir de la imposibilidad de seguir ignorando los acontecimientos mentales que ocurrían en el aprendizaje, proponiendo los siguientes supuestos generales: *a)* algunos procesos de aprendizaje pueden ser exclusivos de los seres humanos; *b)* el centro de estudio lo constituyen los procesos cognitivos; *c)* el objetivo de la investigación científica debe ser la observación objetiva y sistemática de la conducta humana; sin embargo, es legítimo extraer inferencias de procesos mentales no observables a partir de esta conducta; *d)* las personas se involucran de manera activa en el proceso de aprendizaje, ya que controlan su propio aprendizaje; *e)* el aprendizaje supone la formación de representaciones o asociaciones

---

<sup>372</sup> Cfr. J.E. ORMROD, *op. cit.*, 197-202.

mentales que no se reflejan en cambios de conducta visibles, de manera que el aprendizaje implica en mayor grado cambios mentales internos que cambios en la conducta externa; f) el conocimiento está organizado; g) el aprendizaje es un proceso por el cual la nueva información se relaciona con la información que ya se conoce<sup>373</sup>. Existen tres diferentes aproximaciones del cognitivismo que tratan de explicar el aprendizaje: *las teorías del procesamiento de la información, el constructivismo, y la perspectiva contextual o contextualismo*. Las primeras, como su nombre lo indica, tratan acerca de cómo se percibe la información que se recibe del entorno, cómo se almacena y cómo se recupera. En un primer momento durante los años sesenta del siglo pasado, muchas de estas teorías consideraron el aprendizaje humano similar al procesamiento que realizan las computadoras; sin embargo, y dado que este punto de vista era demasiado simplista, las teorías acerca del procesamiento de la información englobaron «diversas teorías específicas que estudiaban cómo piensan las personas sobre la información que reciben»<sup>374</sup>, manteniendo algunas su orientación informática. El *constructivismo*, por su parte, apoyado en la idea de que los seres humanos no adquieren conocimiento como una absorbente esponja, sino que se involucran de manera activa, organizando y dando significado a la información recibida, propone que el aprendizaje se “construye” de dos maneras: bajo la construcción individual (*constructivismo individual*), en donde el conocimiento se edifica de manera interna y distinta para cada persona, sin basarse tanto en la absorción de una información, y bajo la construcción social (*constructivismo social*), que se refiere al gran impacto que tiene la sociedad en la adquisición del aprendizaje<sup>375</sup>. Por último, la *perspectiva contextual* destaca la importancia del entorno o el contexto en el que se desarrolla el aprendizaje y la conducta, tratando de explicar «por qué las personas no siempre aplican lo que han aprendido en una situación a otra diferente»<sup>376</sup>, es decir, no transfieren su aprendizaje.

---

<sup>373</sup> Cfr. *Ibid.*, 202-215.

<sup>374</sup> *Ibid.*, 205.

<sup>375</sup> Cfr. *Ibid.*, 206.

<sup>376</sup> *Ibid.*, 207.

## Explicación y desarrollo de los cálculos estadísticos

Se utilizaron para el análisis de datos las pruebas estadísticas:

- a) promedio;
- b) desviación estándar;
- c) la prueba no paramétrica de  $U$  de Mann-Whitney;
- d) la prueba paramétrica de  $t$  de Student.

El primer instrumento de análisis adoptado fue la observación de las medias aritméticas, asumidas como valores centrales y consideradas más significativas que la mediana o la moda. La media aritmética (4.1.) se calculó como la suma de todas las frecuencias de la distribución de los errores dividida entre el número de sujetos ( $N$ )<sup>377</sup>.

---

<sup>377</sup> D. OLIVIERI, *Fondamenti di statistica*, CEDAM, Padova 1995, 35-44. Cfr. también R. HERNÁNDEZ SAMPIERI – C. FERNÁNDEZ-COLLAUDO – P. BAPTISTA LUCIO, *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill, México 2006<sup>4</sup>, 427-428.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

4.1.

Se escogió adoptar como uno de los medios de elaboración de los datos la *desviación estándar* ( $\sigma$ , indicada por la 5.2.)<sup>378</sup>, es decir, la raíz cuadrada de las medias de las diferencias (cada una elevada al cuadrado, para evitar la influencia de los valores negativos) entre cada valor y la media aritmética.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

4.2.

Para representar la significancia de los valores encontrados, se calcularon los errores estándar ( $E_s$ ) de ambos grupos. El error estándar es la relación entre la desviación estándar y la raíz cuadrada de la numerosidad de la muestra, como se puede ver en con la 4.3.

$$E_s = \sigma/\sqrt{n}$$

4.3.

En la verificación de la hipótesis, en efecto, es necesario establecer cuál será la hipótesis nula ( $H_0$ ) y cuál la hipótesis alternativa ( $H_1$ ); el punto de partida de la verificación de una hipótesis se presenta cuando ésta confronta una media extraída de la muestra (*media muestral*) y aquella de la población (media de la población) constituida siempre de la antes mencionada *distribución normal*, representada por una curva en forma de “campana” que muestra aquello que, se prevé, sucederá respecto a un valor  $x$  si fuesen extraídas casualmente muestras de una población, pero sólo de manera ideal, ya que en la realidad

---

<sup>378</sup> Cfr. D. OLIVIERI, *op. cit.*, 96-97; R. HERNÁNDEZ SAMPIERI, – C. FERNÁNDEZ-COLLAUDO – P. BAPTISTA LUCIO, *op. cit.*, 428.

esto no sucede siempre. La *normalidad* de una distribución puede intuirse fácilmente a través de la forma de la curva que la representa, esto es, si su forma es más bien *plana* o *picuda*. El grado de “estrechez” del ápice, o pico, de la curva (“peakedness”) viene generalmente definido como *curtosis* (en inglés, *kurtosis*). Una distribución simétrica puede presentar una curtosis positiva no muy acentuada, lo que consecuentemente se interpreta como un conjunto de datos que tienen una desviación estándar y una *varianza* media (correspondiente a una media de dispersión del valor medio). Una distribución simétrica, puede entonces presentar una curtosis muy acentuada y consecuentemente se interpretará como un conjunto de datos con una desviación estándar y una varianza muy baja (o sea que todos los valores registrados se alejan muy poco del valor medio).

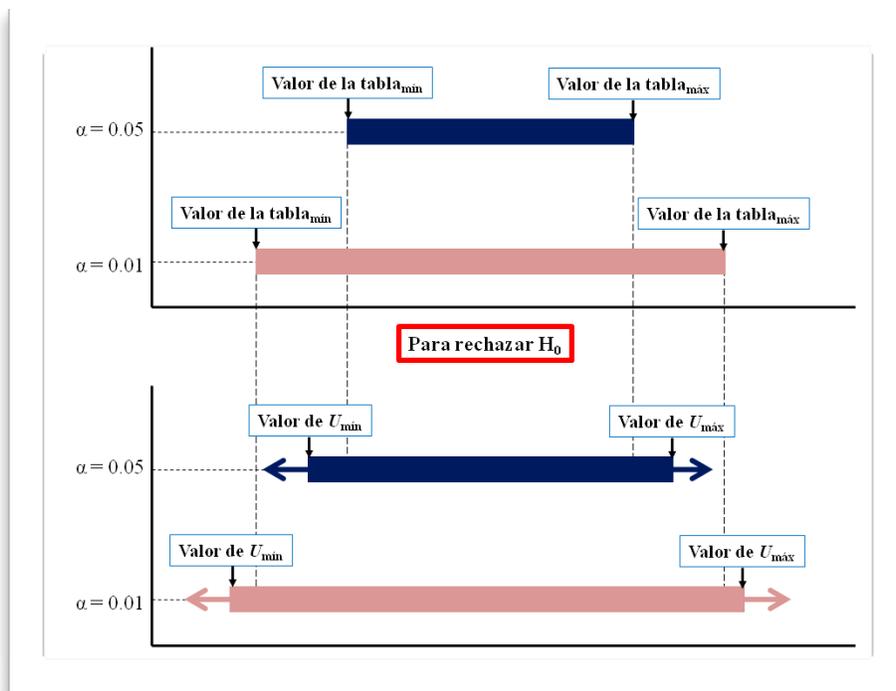
Si todas las muestras presentasen los mismos valores, la curva se convertiría en una línea vertical centrada sobre un solo valor y, en el caso de que los valores fuesen diversos, la curva de distribución de las frecuencias tendería a ser una recta horizontal, dado que algún valor prevalecería sobre el otro.

En la realidad, en cambio, se pueden observar algunos valores predominantes que se comprimen entorno al punto más alto de la curva simétrica (ápice de la cresta) y otros más escasos (las colas laterales), no obstante que éstas tendieran a la curva normal, sin que necesariamente respeten el comportamiento para todos los valores. Para aceptar o desechar la hipótesis  $H_0$ , es necesario partir de la probabilidad “crítica” de cometer un error del tipo 1, es decir, de desechar la hipótesis nula, cuando en cambio ella es verdadera (el error de tipo 2 es de aceptar la hipótesis cuando en cambio ésta es falsa). El *nivel de significancia* habitualmente aceptado es de  $\alpha = 0.05$ , es decir, el 5% (en casos particulares se asume  $\alpha = 0.01$ ). Esto significa que la probabilidad de que en la población se verifique la previsión calculada en base a la muestra es del 95% (100% - 5%).

Como he dicho en el capítulo cinco, se utilizó la prueba no paramétrica de  $U$  de Mann-Whitney-(Wilcoxon) (MWW test o *rank sum test*), en su forma simplificada. Este test fue ideado inicialmente para grupos del mismo número de sujetos (Wilcoxon, 1945), utilizándose posteriormente en muestras de diversa numerosidad (Mann-Whitney, 1947). La particularidad de esta prueba es que no toma en consideración como valor central la

*media aritmética*, sino la *mediana*, basándose en la “posición” (rango, *rank*) que cada valor de la muestra asume; por ello, es llamada también prueba de *la suma de rangos*.

De los valores de  $U$  (respectivamente,  $U_1$  e  $U_2$ ) que se recaban de cada una de las dos muestras a través la fórmula específica (5.3), se elige el menor ( $U_{\min}$ ) el cual se confronta con una tabla específica para la numerosidad de las muestras (p.ej., tabla para muestras hasta  $N=10$ , hasta  $N=20$ , etc.). Para rechazar la hipótesis  $H_0$ , el valor mínimo de  $U$  debe ser menor al valor mínimo de la tabla. Entre más grande sea este último respecto a la  $U_{\min}$  recabado de los datos disponibles, mayor será la significancia de la incidencia del fenómeno estudiado sobre las dos muestras. Lo mismo es válido para  $U_{\max}$ , la que debería resultar mayor del valor máximo indicado en la tabla  $U$ . En síntesis, los dos valores de  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  deberán exceder la amplitud (o *espectro*) indicado por los valores de la tabla. Entre más pequeño sea el valor de significancia ( $\alpha$ ), mayor será el espectro o la amplitud entre los dos valores que se encuentran en la tabla  $U$ . Por tanto, a un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$  corresponde una amplitud menor de aquella con un valor de significancia de  $\alpha = 0.01$ .



**Figura 1**

Gráfica que muestra el significado de los valores de la  $U$  de Mann-Whitney-Wilcoxon

APÉNDICE 4

Primeramente, se consideraron las medias de los errores cometidos por los sujetos del grupo de control ( $N_1=11$ ) y los errores cometidos por el grupo experimental ( $N_2=13$ ).

**Tabla 1**  
Distribución absoluta de promedios de errores que confronta el grupo control (fondo blanco) con el grupo experimental (fondo gris)

Grupo de control ( $N_1=11$ )	Grupo experimental ( $N_2=13$ )	Sujeto número
10.125	17.3125	1
25.4375	16.625	2
21.3125	3.5	3
8.9375	12.1875	4
1.3125	27.75	5
2.75	15.75	6
17.75	2.875	7
3.75	7.625	8
22.1875	2.875	9
1.5	2.4375	10
1.625	28.5625	11
	2.0625	12
	20.1875	13

Se estableció la “clasificación” en rangos de los valores de ambas muestras, en orden creciente, comenzando por el más bajo.

**Tabla 2**  
Distribución en rangos de los errores promedio de ambos grupos

Rango	Valor GC o GS	Rango	Valor GC o GS
1	1.3125	13	10.125
2	1.5	14	12.1875
3	1.625	15	15.75
4	2.0625	16	16.625
5	2.4375	17	17.3125
6	2.75	18	17.75
7	2.875	19	20.1875
8	2.875	20	21.3125
9	3.5	21	22.1875
10	3.75	22	25.4375
11	7.625	23	27.75
12	8.9375	24	28.5625

Del color de cada celda, se pueden distinguir los valores del grupo de control (en blanco) y del grupo experimental (en gris) y sus respectivos rangos en la amplitud dada por  $N_1+N_2$  (11+13, esto es, 1÷24). Se encuentran dos valores que coinciden (empates) en el grupo experimental (los rangos 7 y 8): para obtener un cálculo más preciso, se deberían “empatar”; sin embargo, esta operación no habría cambiado sensiblemente el resultado final y por tanto se dejó la suma de los rangos como sigue.

Puesto que:

$$U_1 = R_1 - \frac{N_1(N_1 + 1)}{2}$$

$$U_2 = R_2 - \frac{N_2(N_2 + 1)}{2}$$

4.4.

donde  $R_1$  e  $R_2$  son la suma de los rangos, respectivamente, del grupo de control y del grupo experimental, entonces:

$$U_1 = (1+2+3+6+10+12+13+18+20+21+22) - 11 \cdot 12 / 2 = 128 - 66 = 62 \rightarrow U_{\min}$$

$$U_2 = (4+5+7+8+9+11+14+15+16+17+19+23+24) - 13 \cdot 14 / 2 = 172 - 91 = 81 \rightarrow U_{\max}$$

Para verificar la exactitud de la operación tenemos que:

$$U_1 + U_2 = N_1 \cdot N_2 = 62 + 81 = 13 \cdot 11 = 143$$

Los valores de  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  no exceden la amplitud de los valores correspondientes de la tabla de  $N_1=11$  y

$N_2=13$ , ya sea, con  $\alpha = 0.05$  ó con  $\alpha = 0.01$ :

**para  $\alpha = 0.05$**

APÉNDICE 4

Amplitud  $U_{\min} \div U_{\max} = 62 \div 81 < \text{Amplitud Valor}_{\min} \div \text{Valor}_{\max} = 37 \div 106$

para  $\alpha = 0.01$

Amplitud  $U_{\min} \div U_{\max} = 62 \div 81 < \text{Amplitud Valor}_{\min} \div \text{Valor}_{\max} = 27 \div 116$

**Tabla 3**

Tabla de valores de  $U$  para muestras de  $N_1=11$  y  $N_2=13$ .

Encerrados en los óvalos rojos, se observan las amplitudes para los valores de  $\alpha$  tomados en consideración

n1	n2	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.02$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.002$	$\alpha = 0.001$
10	16	48 - 112	42 - 118	36 - 124	31 - 129	23 - 137	20 - 140
	17	51 - 119	45 - 125	38 - 132	34 - 136	25 - 145	22 - 148
	18	55 - 125	48 - 132	41 - 139	37 - 143	27 - 153	24 - 156
	19	58 - 132	52 - 138	44 - 146	39 - 151	29 - 161	26 - 164
	20	62 - 138	55 - 145	47 - 153	42 - 158	32 - 168	28 - 172
	21	65 - 145	58 - 152	50 - 160	44 - 166	34 - 176	30 - 180
	22	68 - 152	61 - 159	53 - 167	47 - 173	36 - 184	32 - 188
	23	72 - 158	64 - 166	55 - 175	50 - 180	38 - 192	34 - 196
	24	75 - 165	67 - 173	58 - 182	52 - 188	40 - 200	36 - 204
	25	79 - 171	71 - 179	61 - 189	55 - 195	43 - 207	38 - 212
	26	82 - 178	74 - 186	64 - 196	58 - 202	45 - 215	40 - 220
	27	86 - 184	77 - 193	67 - 203	60 - 210	47 - 223	42 - 228
	28	89 - 191	80 - 200	70 - 210	63 - 217	49 - 231	44 - 236
	29	93 - 197	83 - 207	73 - 217	66 - 224	52 - 238	46 - 244
30	96 - 204	87 - 213	76 - 224	68 - 232	54 - 246	48 - 252	
11	11	34 - 87	30 - 91	25 - 96	21 - 100	15 - 106	12 - 109
	12	38 - 94	33 - 99	28 - 104	24 - 108	17 - 115	15 - 117
	13	42 - 101	37 - 106	31 - 112	27 - 116	20 - 123	17 - 126
	14	46 - 108	40 - 114	34 - 120	30 - 124	22 - 132	19 - 135
	15	50 - 115	44 - 121	37 - 128	33 - 132	24 - 141	21 - 144
	16	54 - 122	47 - 129	41 - 135	36 - 140	27 - 149	24 - 152
	17	57 - 130	51 - 136	44 - 143	39 - 148	29 - 158	26 - 161
	18	61 - 137	55 - 143	47 - 151	42 - 156	32 - 166	28 - 170
	19	65 - 144	58 - 151	50 - 159	45 - 164	34 - 175	31 - 178
	20	69 - 151	62 - 158	53 - 167	48 - 172	37 - 183	33 - 187
	21	73 - 158	65 - 166	57 - 174	51 - 180	40 - 191	35 - 196
	22	77 - 165	69 - 173	60 - 182	54 - 188	42 - 200	38 - 204
	23	81 - 172	73 - 180	63 - 190	57 - 196	45 - 208	40 - 213
	24	85 - 179	76 - 188	66 - 198	60 - 204	47 - 217	42 - 222
25	89 - 186	80 - 195	70 - 205	63 - 212	50 - 225	45 - 230	
26	92 - 194	83 - 203	73 - 213	66 - 220	52 - 234	47 - 239	
27	96 - 201	87 - 210	76 - 221	69 - 228	55 - 242	50 - 247	
28	100 - 208	90 - 218	79 - 229	72 - 236	57 - 251	52 - 256	
29	104 - 215	94 - 225	83 - 236	75 - 244	60 - 259	54 - 265	
30	108 - 222	98 - 232	86 - 244	78 - 252	63 - 267	57 - 273	

Por tanto, la hipótesis  $H_0$  no se puede rechazar y el resultado nos dice que no se encontró alguna influencia significativa del ejercicio físico suministrado sobre la calidad de la ejecución.

De manera análoga, se repitió la operación para analizar el comportamiento entre mujeres y hombres.

**Tabla 4**

Distribución absoluta de promedios de errores que confronta el grupo de hombres (fondo azul) con el grupo de mujeres (fondo rosa)

Hombres ( $N_1=9$ )	Mujeres ( $N_2=15$ )	Sujeto número
3.75	17.3125	1
22.1875	16.625	2
1.5	3.5	3
1.625	12.1875	4
2.875	27.75	5
2.4375	15.75	6
28.5625	2.875	7
2,0625	7.625	8
20.1875	10.125	9
	25.4375	10
	21.3125	11
	8.9375	12
	1.3125	13
	2.75	14
	17.75	15

Repartición por rangos:

**Tabla 5**

Distribución en rangos de los errores promedio de ambos géneros

1	1.3125	13	10.125
2	1.5	14	12.1875
3	1.625	15	15.75
4	2.0625	16	16.625
5	2.4375	17	17.3125
6	2.75	18	17.75
7	2.875	19	20.1875
8	2.875	20	21.3125
9	3.5	21	22.1875
10	3.75	22	25.4375
11	7.625	23	27.75
12	8.9375	24	28.5625

$$U_1 = (2+3+4+5+7+10+19+21+24) - 9 \cdot 10/2 = 95 - 45 = 50 \rightarrow U_{\min}$$

APÉNDICE 4

$$U_2 = (1+6+8+9+11+12+13+14+15+16+17+18+20+22+23) - 15 \cdot 16/2 = 205 - 120 = 85 \rightarrow U_{\text{máx}}$$

Para verificar la comprobación de la operación tenemos:

$$U_1 + U_2 = N_1 \cdot N_2 = 50 + 85 = 9 \cdot 15 = 135$$

En el análisis de la relación mujeres-hombres, la hipótesis  $H_0$  no puede ser tampoco rechazada, dado que el espectro de los valores de  $U_{\text{mín}}$  y  $U_{\text{máx}}$  no excedió el espectro de los valores de las tablas  $U$  en correspondencia con la numerosidad de los grupos y de los valores de  $\alpha$  que hemos tomado en consideración.

para  $\alpha = 0.05$

$$\text{Amplitud } U_{\text{mín}} \div U_{\text{máx}} = 50 \div 85 < \text{Amplitud Valor}_{\text{mín}} \div \text{Valor}_{\text{máx}} = 34 \div 101$$

para  $\alpha = 0.01$

$$\text{Amplitud } U_{\text{mín}} \div U_{\text{máx}} = 50 \div 85 < \text{Amplitud Valor}_{\text{mín}} \div \text{Valor}_{\text{máx}} = 24 \div 111$$

**Tabla 6**

Tabla de valores de  $U$  para muestras de  $N_1=9$  y  $N_2=15$ .

Encerrados en los óvalos rojos, se observan las amplitudes para los valores de  $\alpha$  tomados en consideración

n1	n2	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.02$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.002$	$\alpha = 0.001$
9	9	21 - 60	17 - 64	14 - 67	11 - 70	7 - 74	5 - 76
	10	24 - 66	20 - 70	16 - 74	13 - 77	8 - 82	7 - 83
	11	27 - 72	23 - 76	18 - 81	16 - 83	10 - 89	8 - 91
	12	30 - 78	26 - 82	21 - 87	18 - 90	12 - 96	10 - 98
	13	33 - 84	28 - 89	23 - 94	20 - 97	14 - 103	11 - 106
	14	36 - 90	31 - 95	26 - 100	22 - 104	15 - 111	13 - 113
	15	39 - 96	34 - 101	28 - 107	24 - 111	17 - 118	15 - 120
	16	42 - 102	37 - 107	31 - 113	27 - 117	19 - 125	16 - 128
	17	45 - 108	39 - 114	33 - 120	29 - 124	21 - 132	18 - 135
	18	48 - 114	42 - 120	36 - 126	31 - 131	23 - 139	20 - 142
	19	51 - 120	45 - 126	38 - 133	33 - 138	25 - 146	21 - 150
	20	54 - 126	48 - 132	40 - 140	36 - 144	26 - 154	23 - 157
	21	57 - 132	50 - 139	43 - 146	38 - 151	28 - 161	25 - 164
	22	60 - 138	53 - 145	45 - 153	40 - 158	30 - 168	26 - 172
	23	63 - 144	56 - 151	48 - 159	43 - 164	32 - 175	28 - 179
	24	66 - 150	59 - 157	50 - 166	45 - 171	34 - 182	30 - 186
	25	69 - 156	62 - 163	53 - 172	47 - 178	36 - 189	32 - 193
	26	72 - 162	64 - 170	55 - 179	49 - 185	38 - 196	33 - 201
	27	75 - 168	67 - 176	58 - 185	52 - 191	40 - 203	35 - 208
	28	78 - 174	70 - 182	60 - 192	54 - 198	41 - 211	37 - 215
	29	82 - 179	73 - 188	63 - 198	56 - 205	43 - 218	39 - 222
	30	85 - 185	76 - 194	65 - 205	58 - 212	45 - 225	40 - 230

Adicionalmente, se aplicó la prueba estadística  $t$  de Student<sup>379</sup> para comparar las medias obtenidas de los dos grupos muestra, utilizando, como lo prevé la prueba de verificación, la desviación estándar previamente obtenida. Los elementos que se deben tomar en consideración son los siguientes:

$\mu_p$  = media de los valores medidos en la población;

$\mu_c$  = media de los valores medidos en la muestra sujeta a la investigación;

$N$  = número de sujetos;

$\alpha = 0.05$

Si  $\mu_p = \mu_c$ , entonces la hipótesis es nula ( $H_0$ ): en otras palabras, los valores obtenidos de las muestras no revelan algún fenómeno particular respecto a los valores de la entera población. Si, en cambio,  $\mu_p \neq \mu_c$ , la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es la verdadera.

El problema de la verificación de las hipótesis entre una muestra y su universo de población de origen se presenta diversamente de aquel de una hipótesis aplicada a dos muestras extraídas de la misma población. En este caso;

$$H_0 \text{ cuando } \mu_1 = \mu_2$$

4.5.

donde  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son las medias muestrales de dos muestras extraídas de la misma población.

En el caso de la presente investigación, se ha verificado la validez de la hipótesis alternativa  $H_1$ , es decir, la posibilidad de que la suministración del ejercicio físico hubiese influido negativamente sobre el aprendizaje de la nueva tarea motora musical. En este caso, la media de los errores cometidos por el grupo experimental hubiera sido superior a la del grupo de control. Por tanto:

$$H_1 \text{ cuando } \mu_e \neq \mu_c \text{ (en efecto también cuando } \mu_e > \mu_c \text{ o } \mu_e < \mu_c)$$

4.6.

---

<sup>379</sup> D. OLIVIERI, *op.cit.*, 258-261.

APÉNDICE 4

donde  $\mu_e$  e  $\mu_c$  son, respectivamente, las medias muestrales de las medias de los errores cometidos por el grupo de control y por el grupo experimental. Aquí, se ha tomado como nivel de significancia el valor de  $\alpha = 0.05$  (o sea, el 5%,: 2.5% para los valores negativos y el 2.5% para los valores positivos, en una curva de distribución a dos colas). Para refinar el cálculo, se tomó en cuenta que las dos muestras fueron extraídas de la misma población con *varianza* igual aplicando la siguiente fórmula para obtener la *t* de Student

$$t = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_e} + \frac{1}{N_c}}}$$

4.7.

donde  $N_e$  es el número de sujetos del grupo,  $N_c$  el número de sujetos del grupo de control y  $\sigma_p$  la desviación estándar ponderada de los dos grupos que se han recabado de la raíz de la varianza ponderada ( $\sigma_p^2$ ) de los dos grupos, calculada con la siguiente fórmula:

$$\sigma_p^2 = \frac{\sigma_e^2(N_e - 1) + \sigma_c^2(N_c - 1)}{N_e + N_c - 2}$$

4.8.

donde  $\sigma_e^2$  e  $\sigma_c^2$  son, respectivamente, las *varianzas* del grupo experimental y del grupo de control, de los cuales:

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= \frac{9.57496935^2(13 - 1) + 9.38857729^2(11 - 1)}{13 + 11 - 2} = \\ &= \frac{91.680031(12) + 88.1453835(10)}{22} = \\ &= \frac{1100.160372 + 881.453835}{22} = \\ &= \frac{1981.614207}{22} = 90.0733730454546 \end{aligned}$$

esto es,

$$\sigma_p = 9.49069929169893$$

Aplicando la 4.7.:

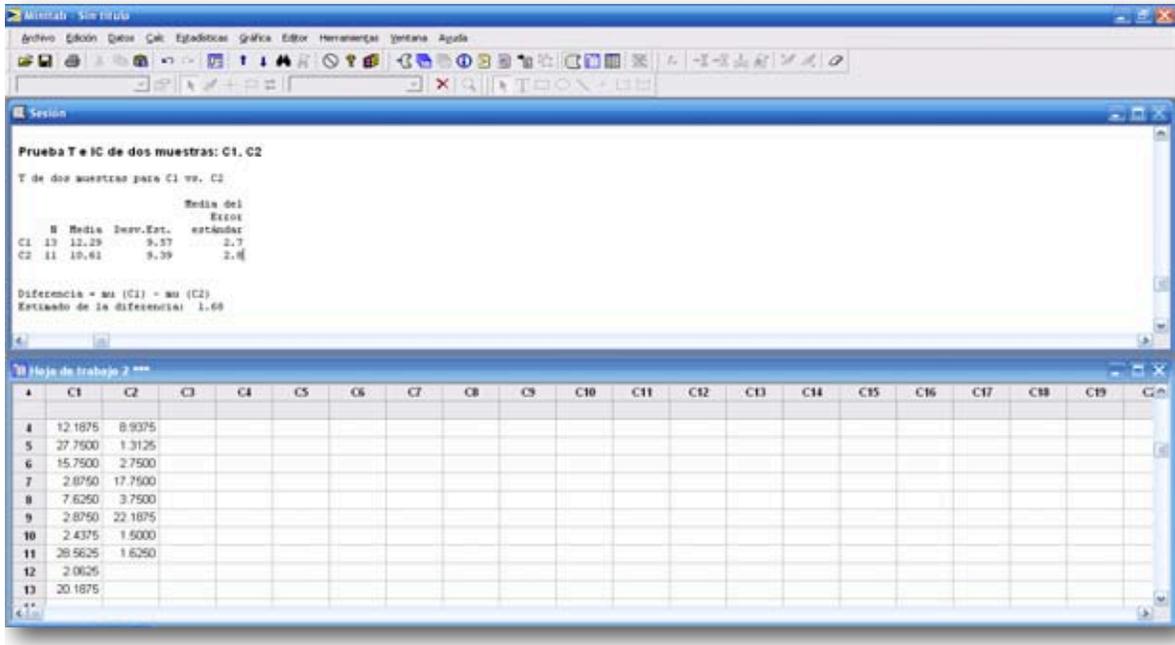
$$\begin{aligned} t &= \frac{12.2884615 - 10.60798545}{9.49069929169893 \sqrt{\frac{1}{13} + \frac{1}{11}}} = \\ &= \frac{1.680507}{9.49069929169893 \sqrt{0.1678321669}} = \\ &= \frac{1.680507}{9.49069929169893 \cdot 0.4096732733} = \\ &= \frac{1.680507}{3.88808824056} = 0.432219357181553 \end{aligned}$$

Esta misma operación se repitió con el *software* Minitab15 obteniéndose un idéntico resultado:

t de dos muestras para C1 vs. C2

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
C1	13	12.29	9.57	2.7
C2	11	10.61	9.39	2.8

Diferencia = mu (C1) - mu (C2)  
 Estimado de la diferencia: 1.68  
 IC de 95% para la diferencia: (-6.38, 9.74)  
 Prueba t de diferencia = 0 (vs. no =): **Valor t = 0.43** Valor P = 0.670 GL = 22  
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada : 9.4907



**Figura 2**  
Pantalla de Minitab para calcular la *t* de Student e índice de confianza de dos muestras

Las fórmulas para calcular la varianza ponderada y la desviación estándar ponderada que se muestran a continuación son las utilizadas por el programa Mini Tab15:

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

4.9.

$$s = s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

4.10.

Las dos distribuciones imponían 22 grados de libertad ( $N_e + N_c - 2$ , o sea  $13 + 11 - 2$ ). El valor calculado de la *t* de Student no se encuentra comprendido entre los valores de  $+ 2.819$  y  $- 2.819$ , correspondiente al valor de la tabla de Student para una prueba bilateral

EXPLICACIÓN Y DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS ESTADÍSTICOS

con un valor de significancia  $\alpha = 0.01$  y con 22 grados de libertad. Por tanto, la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es rechazada (o no se puede rechazar la hipótesis nula  $H_0$ ).

El valor calculado de  $t$  nos indica que la hipótesis  $H_1$  es igualmente rechazada si tomamos como referencia un valor de significancia  $\alpha = 0.05$ : en este caso, el intervalo de valores indicado por la tabla es  $+ 2.074$  e  $- 2.074$ .

**Tabla 7**

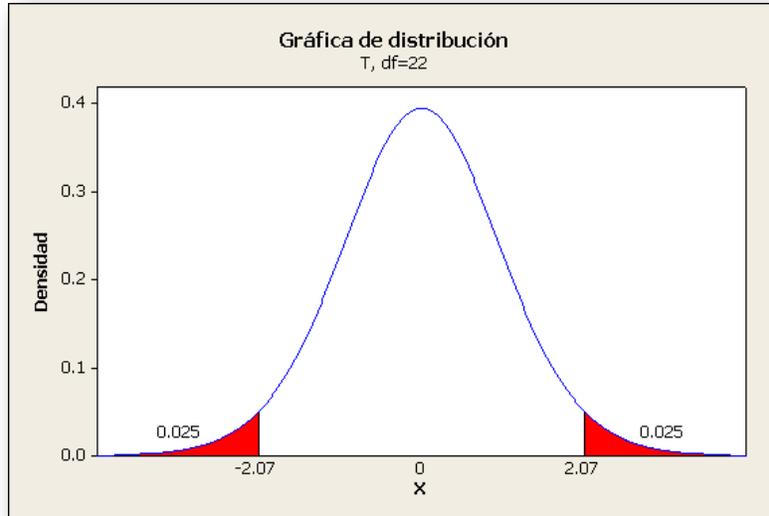
Tabla de valores críticos de  $t$  de Student; en correspondencia de 22 grados de libertad y de valores de  $\alpha$  de 0.050 (evidenciado con el óvalo) y de 0.010 (evidenciado con el rectángulo).

Grados de libertad	$\alpha$								
	0,500	0,40	0,200	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001
1	1.000	1.376	3.078	6.314	12.706	25.452	63.657		
2	.816	1.061	1.886	2.920	4.303	6.205	9.925	14.089	31.598
3	.765	0.978	1.638	2.353	3.182	4.176	5.841	7.453	12.941
4	.741	.941	1.533	2.132	2.776	3.495	4.604	5.598	8.610
5	.727	.920	1.476	2.015	2.571	3.163	4.032	4.773	6.859
6	.718	.906	1.440	1.943	2.447	2.969	3.707	4.317	5.959
7	.711	.896	1.415	1.895	2.365	2.841	3.499	4.029	5.405
8	.706	.889	1.397	1.860	2.306	2.752	3.355	3.832	5.041
9	.703	.883	1.383	1.833	2.262	2.685	3.250	3.690	4.781
10	.700	.879	1.372	1.812	2.228	2.634	3.169	3.581	4.587
11	.697	.876	1.363	1.796	2.201	2.593	3.106	3.497	4.437
12	.695	.873	1.356	1.782	2.179	2.560	3.055	3.428	4.318
13	.694	.870	1.350	1.771	2.160	2.533	3.012	3.372	4.221
14	.692	.868	1.345	1.761	2.145	2.510	2.977	3.326	4.140
15	.691	.866	1.341	1.753	2.131	2.490	2.947	3.286	4.073
16	.690	.865	1.337	1.746	2.120	2.473	2.921	3.252	4.015
17	.689	.863	1.333	1.740	2.110	2.458	2.898	3.222	3.965
18	.688	.862	1.330	1.734	2.101	2.445	2.878	3.197	3.922
19	.688	.861	1.328	1.729	2.093	2.433	2.861	3.174	3.883
20	.687	.860	1.325	1.725	2.086	2.423	2.845	3.153	3.850
21	.686	.859	1.323	1.721	2.080	2.414	2.831	3.135	3.819
22	.686	.858	1.321	1.717	2.074	2.406	2.819	3.119	3.792
23	.685	.858	1.319	1.714	2.069	2.398	2.807	3.104	3.767
24	.685	.857	1.318	1.711	2.064	2.391	2.797	3.090	3.745
25	.684	.856	1.316	1.708	2.060	2.385	2.787	3.078	3.725

El significado del valor de la  $t$  de Student calculada se entiende también a través de una representación gráfica. La zona más oscura de las colas de la curva de distribución bilateral corresponde a valores correspondientes o mayores del intervalo expresado en la tabla. El área no sombreada (intervalo de confianza), en cambio, comprende todos aquellos valores que indican que la variable (en este caso, la presencia del ejercicio físico) no es significativa. Con las siguientes dos gráficas se han representado las curvas de las pruebas bilaterales, respectivamente, con  $\alpha = 0.05$  (intervalo de confianza del 95%) y de  $\alpha = 0.1$

## APÉNDICE 4

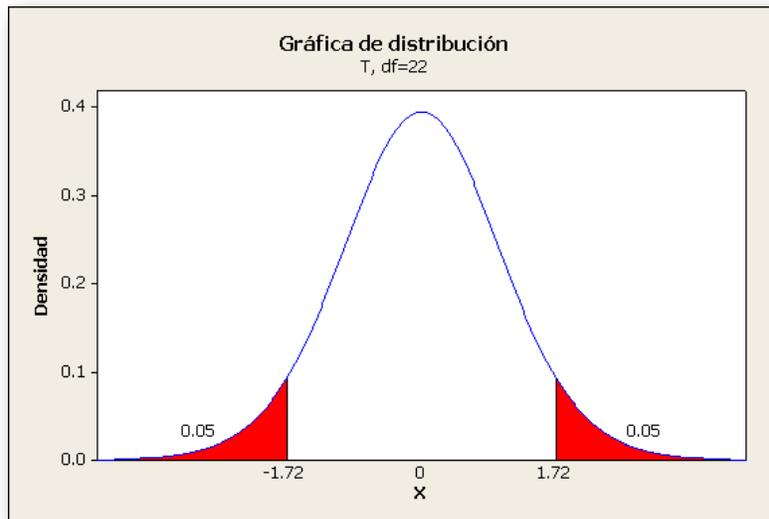
(intervalo de confianza del 90%). En ambos casos es notorio como el valor calculado (0.43) entra ampliamente en esta última área.



$\alpha = 0.05$  (o sea, 0.025 por cola)

**Figura 3**

Gráfico que muestra distribución de los valores de la zona crítica de la  $t$  de Student con un valor de  $\alpha$  de 0.05 para una prueba bilateral



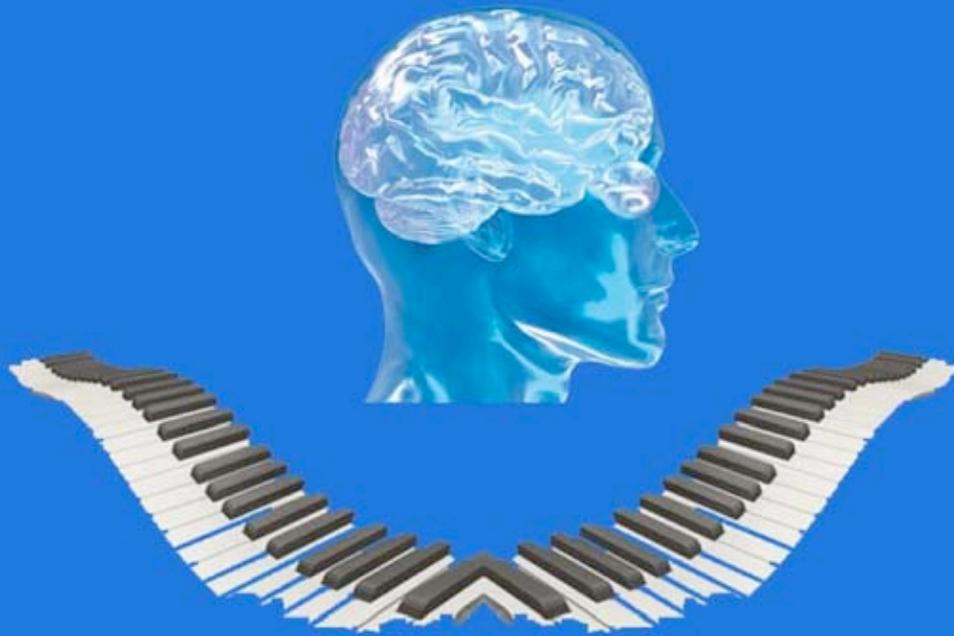
$\alpha = 0.10$  (o sea, 0.05 por cola)

**Figura 4**

Gráfico que muestra distribución de los valores de la zona crítica de la  $t$  de Student con un valor de  $\alpha$  de 0.10 para una prueba bilateral

## **Anexos**

**Adquisición de nuevas habilidades musicales  
Memoria procedural musical**



**CUESTIONARIO**

El presente estudio tiene como propósito analizar el proceso en la adquisición de una nueva habilidad motora musical (memoria procedural musical) en una población de estudiantes de carreras musicales. Me encuentro realizando esta investigación como parte del posgrado que estoy por concluir en la Escuela Nacional de Música de la Universidad Autónoma de México.

Para ti, que cubres los criterios de selección, por ser estudiante de una carrera musical con un grado superior al 2do año de solfeo y no eres estudiante de la carrera de órgano, y que gentilmente deseas participar en las pruebas para esta investigación, es de suma importancia que contestes el siguiente cuestionario, pues éste me permitirá identificar algunos factores que como medida preventiva debo tomar antes de realizar las pruebas en cuestión.

Tu participación en este estudio es muy importante ya que a través de la batería de prueba se podrá observar la curva del aprendizaje de una nueva tarea motora musical, información que podrá servir en un futuro para el diseño de nuevos métodos de estudio para las carreras musicales, como la que te encuentras estudiando

De antemano agradezco tu paciencia para contestarlo, no sin antes decirte que todos los datos que asientes serán procesados absolutamente de forma confidencial y solo para los fines de esta investigación.

La forma de llenado es muy simple, ya que la mayoría de las preguntas se encuentran pre-codificadas y solo se te pedirá alguna información adicional si tu respuesta es afirmativa, como podrás observarlo.

Nuevamente te reitero mi agradecimiento.

*A t e n t a m e n t e*

*Lic. Aurora Ivette Guerra Chávez*

## CUESTIONARIO DE ANTECEDENTES MÉDICOS

### I. Datos personales

<b>a) Datos generales</b>	
1. Nombre	<input type="text"/>
2. Apellido	<input type="text"/>
3. Edad	<input type="text"/> <input type="text"/>
4. Sexo    F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	
Ciudad (Población)	
<input type="text"/>	
5. Lugar de Nacimiento	
<input type="text"/>	
Estado	
<input type="text"/>	

<b>b) Estudio</b>	
6. Carrera que cursas en el CNM	<input type="text"/>
7. Grado de Instrumento	1. <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/> 3. <input type="checkbox"/> 4. <input type="checkbox"/> 5. <input type="checkbox"/> 6. <input type="checkbox"/> 7. <input type="checkbox"/> 8. <input type="checkbox"/> 9. <input type="checkbox"/> 10. <input type="checkbox"/>
8. Grado de Solfeo	1. <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/> 3. <input type="checkbox"/> 4. <input type="checkbox"/>
9. Escolaridad	1. Escuela secundaria <input type="checkbox"/> 2. Escuela prepa o equiv. <input type="checkbox"/> 3. Estudios superiores <input type="checkbox"/>

<b>c) Medidas</b>	
10. Talla	1. S <input type="checkbox"/> 2. L <input type="checkbox"/> 3. XL <input type="checkbox"/> 4. XXL <input type="checkbox"/>
11. Peso    Kg <input type="text"/> <input type="text"/>	12. Estatura    cm <input type="text"/> <input type="text"/>

### 2. Antecedentes familiares

<b>1. ¿Se han presentado casos de Diabetes en tu familia?</b>	No <input type="checkbox"/>	No sé <input type="checkbox"/>
Sí <input type="checkbox"/> (¿Quién? _____)		
<b>2. ¿Casos de Hipertensión?</b>	No <input type="checkbox"/>	No sé <input type="checkbox"/>
Sí <input type="checkbox"/> (¿Quién? _____)		
<b>3. ¿Cardiopatías? (enfermedades del corazón)</b>	No <input type="checkbox"/>	No sé <input type="checkbox"/>
Sí <input type="checkbox"/> (¿Quién? _____)		
<b>4. ¿Asma?</b>	No <input type="checkbox"/>	No sé <input type="checkbox"/>
Sí <input type="checkbox"/> (¿Quién? _____)		
<b>5. ¿Enfermedades de tipo hormonal?</b>	No <input type="checkbox"/>	No sé <input type="checkbox"/>
Sí <input type="checkbox"/> (¿Quién? _____)		

### 3. Antecedentes personales

<b>1. ¿Sabes qué tipo de parto tuviste al nacer?</b>						
En parto normal	<input type="checkbox"/>	En parto por cesárea	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>	
<b>2. ¿Estás enterado(a) si hubo complicaciones durante el parto?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿De qué tipo? _____ _____	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>3. ¿Sabes si padeciste alguna(s) enfermedad(es) infecciosa(s) grave(s) durante la infancia?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál(les)? _____ _____	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>4. ¿Sabes si tuviste enfermedades respiratorias graves durante la infancia?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál(les)? _____ _____	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>5. ¿Sufriste de alguna enfermedad alérgica durante la niñez?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál(les)? _____ _____	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>6. ¿En algún momento te han diagnosticado Epilepsia?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿A qué edad? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>7. ¿Has sufrido alguna intervención quirúrgica?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál(les)? _____ _____	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
<b>8. ¿Has estado hospitalizado, independientemente de alguna intervención quirúrgica?</b>						
Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuándo? (indicar solo el año de la última vez) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		

**4. Estado actual**

<p><b>1. ¿Realizas algún deporte?</b></p> <p>¿Cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>
<p><b>2. ¿Has tenido algún tipo de infección durante el último mes?</b></p> <p>¿Cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>
<p><b>3. ¿Actualmente te encuentras bajo algún tratamiento médico?</b></p> <p>¿Cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>
<p><b>4. ¿En este momento estás tomando algún medicamento?</b></p> <p>¿Cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>
<p><b>5. ¿Eres intolerante a algún medicamento?</b></p> <p>¿A cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>
<p><b>6. ¿Sufres de alguna enfermedad de tipo respiratorio?</b></p> <p>¿Cuál(les)? _____</p> <p>Si <input type="checkbox"/> _____ No <input type="checkbox"/> No sé <input type="checkbox"/></p> <p>_____</p>



**15. ¿Presentas algún tipo de alergia?**

¿De qué tipo? \_\_\_\_\_

Si  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

No  No sé

**16. ¿Tienes algún padecimiento de tipo hormonal?**

¿De qué tipo? \_\_\_\_\_

Si  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

No  No sé

Suministrado el  
**14 de Mayo 2008**

## **Tablas de datos**

Tab. 1

Valores fisiológicos grupo control

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
	Valores antes de la prueba ejecutiva (reposo)			
<b>Sujeto 1</b>				
Femenino	128	126	124	126
24 años	78	79	76	81
Canto	80	82	78	70
<b>Sujeto 2</b>				
Masculino	116	124	120	125
22 años	80	79	79	76
Piano	75	75	78	78
<b>Sujeto 3</b>				
Femenino	110	115	114	110
22 años	67	70	68	66
L.E.M.E	70	70	70	70
<b>Sujeto 4</b>				
Femenino	114	117	112	118
19 años	65	60	64	60
Guitarra	68	70	65	65
<b>Sujeto 5</b>				
	125	123	124	125
	Sistólica			
	Diastólica			
	Pulso			
	Sistólica			
	Diastólica			
	Pulso			
	Sistólica			
	Diastólica			
	Pulso			
	Sistólica			

Femenino 25 años Canto	Diastólica	81	80	81	78
	Pulso	78	76	76	76
<b>Sujeto 6</b> Masculino 18 años Violín	Sistólica	132	130	130	132
	Diastólica	78	79	78	80
	Pulso	80	81	78	76
<b>Sujeto 7</b> Femenino 24 años Canto	Sistólica	118	115	120	118
	Diastólica	60	66	70	65
	Pulso	65	75	78	78
<b>Sujeto 8</b> Femenino 19 años Piano	Sistólica	113	114	116	115
	Diastólica	65	65	64	67
	Pulso	67	65	65	72
<b>Sujeto 9</b> Masculino 22 años Fagot	Sistólica	128	119	122	125
	Diastólica	81	76	78	78
	Pulso	80	76	76	78
<b>Sujeto 10</b> Femenino 28 años Canto	Sistólica	121	118	119	115
	Diastólica	64	65	68	68
	Pulso	70	70	76	76
<b>Sujeto 11</b> Masculino 17 años Piano	Sistólica	132	130	131	130
	Diastólica	81	82	80	82
	Pulso	79	78	78	70

Tab. 2

Valores fisiológicos grupo experimental

	DÍA 1		DÍA 2		DÍA 3		DÍA 4	
	Valores antes del ejercicio físico	Valores después del ejercicio físico	Valores antes del ejercicio físico	Valores después del ejercicio físico	Valores antes del ejercicio físico	Valores después del ejercicio físico	Valores antes del ejercicio físico	Valores después del ejercicio físico
<b>Sujeto 1</b>								
Femenino	116	106	101	95	89	102	109	110
19 años	73	71	61	55	58	66	63	76
Violín	77	95	78	98	65	96	71	94
<b>Sujeto 2</b>								
Masculino	135	140	126	125	115	130	126	122
21 años	89	92	83	69	68	74	73	81
L.E.M.E	70	100	78	102	67	86	65	86
<b>Sujeto 3</b>								
Masculino	113	120	111	111	117	113	116	112
19 años	65	68	67	70	70	69	75	70
L.E.M.E	82	88	70	92	72	96	77	92
<b>Sujeto 4</b>								
Masculino	108	115	108	150	96	111	116	111
19 años	70	69	59	87	56	74	61	64
Como Francés	55	70	66	80	68	72	69	82
<b>Sujeto 5</b>								
Masculino	128	128	148	134	128	125	132	144
18 años	83	86	108	84	82	72	92	76
Piano	79	104	82	106	87	80	95	95
<b>Sujeto 6</b>								
Masculino	112	104	109	99	110	113	128	140

Femenino 24 años Canto	Diaistólica Pulso	65 82	65 88	70 87	67 88	68 78	83 97	79 78	86 88
<b>Sujeto 7</b> Femenino 19 años Flauta	Sistólica Diaistólica Pulso	101 63 69	105 59 92	113 67 77	115 65 90	105 62 69	102 60 88	106 63 83	104 61 90
<b>Sujeto 8</b> Femenino 15 años Flauta	Sistólica Diaistólica Pulso	116 66 61	116 64 93	105 61 71	112 65 92	114 67 69	110 71 96	110 64 74	108 61 100
<b>Sujeto 9</b> Femenino 19 años Viola	Sistólica Diaistólica Pulso	126 75 78	126 76 100	117 72 87	134 84 120	126 72 103	125 75 136	115 65 76	118 69 92
<b>Sujeto 10</b> Femenino 22 años Canto	Sistólica Diaistólica Pulso	155 115 85	111 65 89	106 66 73	133 91 86	114 73 73	116 72 90	103 66 77	107 67 108
<b>Sujeto 11</b> Femenino 22 años Canto	Sistólica Diaistólica Pulso	105 67 69	106 65 83	97 60 60	103 61 92	100 58 66	112 71 73	93 55 68	93 55 82
<b>Sujeto 12</b> Masculino 19 años Flauta	Sistólica Diaistólica Pulso	113 59 60	109 61 95	104 51 68	100 51 100	100 52 59	100 49 76	97 56 92	101 56 110
<b>Sujeto 13</b> Femenino 21 años Canto	Sistólica Diaistólica Pulso	118 71 78	120 68 90	112 66 77	119 65 96	107 68 85	137 75 91	123 68 79	125 73 108

Tab. 3

Experimento Grupo Control

N°	Género	Edad	Año que cursan de estudio	Carrera	Día 1				Día 2				Día 3				Día 4				SUMA ERRORES	
					intento 1	intento 2	intento 3	intento 4	intento 1	intento 2	intento 3	intento 4	intento 1	intento 2	intento 3	intento 4	intento 1	intento 2	intento 3	intento 4		
1	F	24	4	Canto	19	16	19	15	14	11	6	12	21	5	6	4	4	2	3	2	7	162
2	M	22	4 (terminado) 7 (de carrera)	Piano	0	9	0	0	4	0	7	3	0	1	2	8	11	2	6	7	60	
3	F	22	4 (terminado) 8 (de carrera)	LEME	83	65	25	30	83	50	17	15	7	2	11	1	4	2	6	6	407	
4	F	19	2	Guilarr a	35	50	75	83	5	14	11	16	11	11	10	6	3	4	3	4	341	
5	F	25	4	Canto	26	19	5	12	20	9	10	12	8	3	3	4	2	0	10	0	143	
6	M	18	3	Violin	79	68	59	25	20	8	7	3	14	11	13	18	8	6	7	9	355	
7	F	24	3	Canto	5	2	4	0	2	1	2	0	0	2	0	0	1	2	0	0	21	
8	F	19	3	Piano	13	1	4	2	6	2	0	0	4	5	0	2	2	1	2	0	44	
9	M	22	3	Fagot	4	3	3	0	10	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	24	
10	F	28	4	Canto	32	25	26	20	50	18	16	12	5	12	23	7	20	1	15	2	284	
11	M	17	4	Piano	4	0	3	8	1	0	1	0	1	0	2	0	1	2	2	1	26	

Tab. 4

Experimento Grupo Experimental

N°	Género	Edad	Año que cursan de solista	Carrera	Dia 1		Dia 2		Dia 3		Dia 4		SUMA ERRORES								
					Intento 1	Intento 2															
1	F	19	4	Violín	35	46	21	35	20	16	8	27	9	11	6	5	10	7	6	15	277
2	M	21	4	LEME	6	7	2	5	5	1	1	0	0	0	5	0	4	7	3	0	46
3	M	19	3	LEME	9	11	1	0	0	2	0	2	5	0	0	0	8	0	1	0	39
4	M	19	3	Como Francés	34	34	42	38	58	51	21	11	30	28	23	24	31	11	3	18	457
5	M	18	4	Piano	9	2	2	3	5	2	2	2	2	0	0	4	0	0	0	0	33
6	F	24	7	Canto	39	28	40	26	24	11	25	20	22	11	4	2	1	2	5	6	266
7	F	19	3	Flauta	21	4	5	4	6	0	13	0	0	0	0	0	0	0	2	1	56
8	F	15	3	Flauta	22	21	8	15	18	26	9	10	9	7	7	11	13	6	6	7	195
9	F	19	3	Viola	83	78	80	61	15	20	18	7	13	14	18	7	12	6	3	9	444
10	F	22	3	Canto	50	60	50	59	7	5	5	1	3	7	0	4	0	0	1	0	252
11	F	22	4	Canto	6	8	2	5	7	1	4	1	2	1	1	3	0	3	0	2	46
12	M	19	3	Flauta	64	45	22	43	43	20	22	27	6	1	12	1	15	2	0	0	323
13	F	21	3	Canto	30	17	5	17	10	8	9	7	12	0	6	0	0	1	0	0	122

---

## Carta de consentimiento expreso de los participantes en el estudio

---

### Memoria procedural musical

*adquisición de nuevas habilidades musicales*

Con el objeto de mejorar el diseño metodológico en la adquisición de habilidades para la praxis musical en general, se le solicita a Ud. atentamente su consentimiento expreso para la participación en este estudio, aceptando los siguientes puntos:

1. Confirmando que se me ha explicado con detalle el proyecto de investigación en el que se ha solicitado mi participación.
2. Comprendo que mi participación en esta investigación es voluntaria.
3. Soy consciente de que el manejo de los datos personales es confidencial.
4. Acepto la invitación a participar en el estudio.

---

Firma de autorización

México Distrito Federal a 14 de Mayo de 2008.

Nota: Cada participante se quedará con una copia de esta carta.

## Índice de figuras y tablas

### FIGURAS

#### Capítulo segundo

- p. 14 **Figura 1** Curva de Ebbinghaus: en esta gráfica se muestra cómo mejora el aprendizaje con el número de ensayos, de manera no lineal [Brandimonte 2004, 31].
- 18 **Figura 2** Aprendizaje y retención de la tarea de dibujo en espejo por H.M. Pese a su buena retención de la tarea, H.M. no tenía un recuerdo consciente de haberla hecho antes (modificado de Milner, 1965) [Pinel 2007, 292].
- 22 **Figura 3** Modelo de memoria de Atkinson y Schiffrin (1968) en el que se relacionan las memorias de corto y largo plazos [Bermúdez 2001, 14].
- 24 **Figura 4** Cambios funcionales y anatómicos que sufre una neurona durante la memoria de corto y largo plazo [Kandel 2007, 299].
- 27 **Figura 5** Almacenamiento de la memoria explícita [Kandel 2007, 158].
- 28 **Figura 6** Almacenamiento de la memoria implícita [Kandel 2007, 158].
- 30 **Figura 7** Estructuras del encéfalo que se ha demostrado intervienen en la memoria. Puesto que hubiera impedido ver las demás estructuras, no se ha incluido el neo-estriado [Pinel 2007, 310].

Capítulo tercero

- 40 **Figura 1** Cambios que posiblemente produce la potenciación a largo plazo en la estructura de la sinapsis sobre las espinas dendríticas (a) antes de la potenciación a largo plazo (b) después de la potenciación a largo plazo. La espina dendrítica desarrolla una protuberancia similar a un dedo que presiona el botón terminal, dividiendo la zona activa en dos partes. Cada zona activa se desarrolla y en la membrana pre-sináptica del botón terminal se insertan más mecanismos necesarios para la liberación del neurotransmisor (Modificado de Hosokawa, T. Rusakov, D.A., Bliss, T.V.P. y Fine, A., 1995) [Carlson 2006, 469].

Capítulo cuarto

- 61 **Figura 1** Fragmento de ocho compases utilizado para la tarea motora musical [Studio Sinfonico, op. 78 para órgano de Marco Enrico Bossi (1861-1925)].
- 62 **Figura 2** Sujeto realizando la tarea motora musical.

Capítulo quinto

- 72 **Figura 1** Gráfico que muestra la disminución de errores cometidos por los sujetos de investigación durante el total de las pruebas.
- 73 **Figura 2** Gráfico que muestra la media de los errores totales entre el Grupo Control y el Grupo Experimental.
- 73 **Figura 3** Gráfico que muestra los errores totales de cada sujeto del Grupo Control con barras de errores estándar
- 74 **Figura 4** Gráfico que muestra los errores totales de cada sujeto del Grupo Experimental con barras de errores estándar.
- 74 **Figura 5** Gráfico que muestra la diferencia de errores entre mujeres y hombres (promedio de promedios) en el Grupo control y en el Grupo Experimental.

Apéndice 2

- 117 **Figura 1** Sistema nervioso neurovegetativo y los órganos sobre los que actúan, y funciones desempeñadas por la ramas simpática y parasimpática [Carlson 2006, 104].
- 118 **Figura 2** Microfotografía electrónica de barrido de una neurona [Rigutti 2007, 61].
- 119 **Figura 3** Partes de la neurona [Carlson 2006, 31].
- 120 **Figura 4** Microfotografía electrónica de barrido reforzada con color del cuerpo celular de una neurona [Pinel 2007, 66].
- 121 **Figura 5** Mecanismo de la sinapsis [Ojeda – Icardo 2004, 13]:  
 1. Transporte de neurotransmisor; 2. Vesícula sináptica; 3. Apertura de los canales de calcio; 4. Fusión de las vesículas sinápticas con la membrana presináptica; 5. Liberación del neurotransmisor; 6. Unión del neurotransmisor con el receptor y apertura de los canales iónicos; 7. Recaptación del neurotransmisor mediante un transportador; 8. Reutilización de la membrana de la vesícula.
- 124 **Figura 6** Concentración relativa de algunos iones importantes en el interior y el exterior de la neurona y fuerzas que actúan sobre ellos [Carlson 2006, 48].
- 125 **Figura 7** Transportador de sodio-potasio localizado en la membrana celular [Carlson 2006, 48].
- 126 **Figura 8** Canales iónicos. Cuando están abiertos, los iones pueden entrar y salir a través de la membrana celular [Carlson 2006, 49].
- 127 **Figura 9** Fases del potencial de membrana [Pinel 2007, 92 e Carlson 2006, 50].
- 132 **Figura 10** Los cuatro lóbulos de la corteza cerebral, la corteza sensorial primaria y la corteza de asociación. Vista lateral [Carlson 2006, 89].
- 133 **Figura 11** Principales estructuras del sistema límbico [Pinel 2007, 77].

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

- 133 **Figura 12** Núcleos o ganglios basales: amígdala, neostriado (caudado y putamen) y globo pálido [Pinel 2007, 77].
- 135 **Figura 13** Partes del cerebro humano [Baggaley 2001, 24].
- 136 **Figura 14** Cómo la placa neural se convierte en el tubo neural durante la tercera y cuarta semanas del desarrollo embriológico humano [Pinel 2007, 238].
- 137 **Figura 15** Dos métodos por los que las células migran en el tubo neural en desarrollo: migración por cambio de localización en el soma y migración mediada por neuroglia [Pinel 2007, 239].

### Apéndice 3

- 151 **Figura 1** Neurona en estado de reposo [Kandel 2007, 252].
- 151 **Figura 2** Fenómeno de la habituación [Kandel 2007, 252].
- 151 **Figura 3** Fenómeno de la sensibilización [Kandel 2007, 252].

### Apéndice 4

- 166 **Figura 1** Gráfica que muestra el significado de los valores de la  $U$  de Mann-Whitney-Wilcoxon.
- 175 **Figura 2** Pantalla de Minitab para calcular la  $T$  de Student e índice de confianza de dos muestras.
- 177 **Figura 3** Gráfico que muestra distribución de los valores de la zona crítica de la  $T$  de Student con un valor de  $\alpha$  de 0.05 para una prueba bilateral.
- 177 **Figura 4** Gráfico que muestra distribución de los valores de la zona crítica de la  $T$  de Student con un valor de  $\alpha$  de 0.10 para una prueba bilateral.

**TABLAS**

**Capítulo cuarto**

- 65 **Tabla 1** Escala de Borg modificada.
- 66 **Tabla 2** Número de errores cometidos por los sujetos sometidos a 7 minutos de ejercicio físico en el pilotaje.
- 66 **Tabla 3** Número de errores cometidos por los sujetos no sometidos al ejercicio físico en el pilotaje.

**Capítulo quinto**

- 75 **Tabla 1** División en clases de errores cometidos y porcentaje de ambos grupos.

**Apéndice 4**

- 167 **Tabla 1** Distribución absoluta de promedios de errores de ambos grupos.
- 167 **Tabla 2** Distribución en rangos de los errores promedio de ambos grupos.
- 169 **Tabla 3** Tabla de valores de  $U$  para muestras de  $N_1=11$  y  $N_2=13$ .
- 170 **Tabla 4** Distribución absoluta de promedios de errores que confronta el grupo de hombres con el grupo de mujeres.

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

170	<b>Tabla 5</b>	Distribución en rangos de los errores promedio de ambos géneros.
171	<b>Tabla 6</b>	Tabla de valores de $U$ para muestras de $N_1=9$ y $N_2=15$ .
176	<b>Tabla 7</b>	Tabla de valores críticos de $T$ de Student; en correspondencia de 22 grados de libertad y de valores de $\alpha$ de 0.050 (evidenciado con el óvalo) y de 0.010 (evidenciado con el rectángulo).

### Anexos

192	<b>Tabla 1</b>	Valores fisiológicos grupo control.
194	<b>Tabla 2</b>	Valores fisiológicos grupo experimental.
196	<b>Tabla 3</b>	Experimento grupo control.
197	<b>Tabla 4</b>	Experimento grupo experimental.

## Referencias bibliográficas

ADORNO, TH.W., *Einleitung en der Musiksoziologie. Zwölf kurze Vorlesungen*, Surkamp, Frankfurt am Main 1962.

ALBERINI, C.M., *Mechanism of memory stabilization: are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes?*, «Trends in Neurosciences», 2005, n. 1, vol. 28, 51-56.

ANDERSON, J.R., *Aprendizaje y Memoria*, McGraw-Hill (Interamericana Editores), México 2001.

ANSERMET, F. – MAGISTRETTI, P., *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*, Katz, Buenos Aires 2006.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACH Y RITA, P., *Potencial biológicos de los tejido cerebrales en restaurar su función*, en R.F. AGUILAR (compilación de), *Avances en la restauración del sistema nervioso*, Vicora Editores, Madison 1994.
- BACH, C.PH.E., *Versuch über die wahre Art das Klavier zu Spielen [...]*, Christian Friedrich Henning, Berlin 1753. *Versuch über die wahre Art das Klavier zu Spielen [...]*, zweite Theil, George Ludwig Winter, Berlin 1762.
- BAGGALEY, A. (compilación de), *Human Body*, DK, London 2001.
- BARBACCI, R., *Educación de la memoria musical*, Ricordi Americana, Buenos Aires 1988.
- BARKER, A., *Greek Musical Writings II: Harmonic and Acoustic Theory*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.
- BERMUDEZ RATTONI, F. (et al.), *Memoria, dónde reside y cómo funciona*, Trillas, México 2001.
- BOCCATO, S. – PISTILLI, C., *La ginnastica aerobica*, Società di stampa sportiva, Roma 2005.
- BOEZIO, S., *De Musica*, compilación de D. Damerini, Fussi, Firenze 1949.
- BOURDIEU, P. – J.-C. PASSERON, *La reproduction. Elements pour une théorie du système d'enseignement*, Les éditions de Minuit, Paris 1970.
- BOURDIEU, P., *La distinction: critique social du jugement*, Les éditions de Minuit, Paris 1979.
- BRANDIMONTE, M.A., *Psicologia della memoria*, Carocci, Roma 2004.
- BRINK, S., *Smart Moves-New Research Suggests That Folks From 8 to 80 Can Shape Up Their Brains With Aerobic Exercise*, «U.S. News and World Report», n. 15, Mayo 1995., 78-82.
- BRINKMANN, H., *Apuntes de Psicología del Desarrollo*, Universidad de Concepción, Concepción (Chile) 1995.
- BUSTAMANTE ZULETA, E., *El sistema nervioso: desde las neuronas hasta el cerebro humano*, Editorial Universidad de Antioquía, Medellín (Colombia) 2007.
- BUTCHER, L.E.A. (et al), *Plasticidad cerebral*, en A. Téllez Lopez (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 11-40.
- CARLSON, N.R., *Fisiología de la Conducta*, Pearson Educación, Madrid 2006.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAFFIN, R. – IMREH, G., “*Pulling Teeth and Torture*”. *Musical Memory and Problem Solving*, «Thinking and Reasoning», 1997, n. 3, vol. 4, 315-336.
- COLARIZI, G., *Scuole musicali*, en A. Basso (compilación de), *Dizionario Enciclopedico della Musica e dei Musicisti*, UTET, Torino, parte primera, *Il lessico*, vol. IV, 260-261.
- COMOTTI, G., *La musica nella cultura greca e romana*, EDT, Torino 1982.
- COTTMANN C., – BERCHTOLD, N.C., *Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity*, «Trends in Neurosciences», n. 25 (2002), 295-301.
- CRUTCHFIELD, W., *Function, Conviction, and Performance Style*, en N. Kenyon, *Authenticity and Early Music*, Oxford University Press Oxford-New York 2002, 19-26.
- DE VRIES, G.J. – SÖDERSTEN, P., *Sex differences in the brain: The relation between structure and function*, «Hormones and Behavior», n. 55, 2009, 589–596.
- DÍAZ, M. – GIRÁLDEZ, A., (coords), *Aportaciones teóricas y metodológicas a la educación musical*, Grao, Barcelona 2007.
- DISOTEO, M., *Antropologia musicale per educatori*, Guerini, Milano 2001.
- DOMJAN, M., *Principios de aprendizaje y conducta*, Thomson Paraninfo, Madrid 2006.
- DUFFY, S.N. (et al.), *Environmental enrichment modifies the PKA-dependence of hippocampal LTP and improves hippocampus-dependent memory*, «Learning and Memory», n. 8 (2001), 26-34.
- DUKE, R.A. – DAVIS, C.M., *Procedural Memory Consolidation in the Performance of Brief Keyboard Sequences*, *Journal of Research in Music Education*, Verano 2006, Vol. 54, núm. 2, 111-124.
- DURKHEIM, É., *De la division du travail social*, Alcan, Paris 1893.
- FARMER, J. – ZHAO, X. – VAN PRAAG, H. – WODKE, K. – GAGE, F.H. – CHRISTIE, B.R., *Effects of voluntary exercise on synaptic plasticity and gene expressions in the dentate gyrus of adult mal Sprague-Dawley rats in vivo*, «Neuroscience», n. 124 (2004), 71-79.
- FITTS, P.M., *Perceptual-motor skill learning*, en A.W. Melton (compilación de), *Categories of human learning*, Academic Press, New York 1964, 243-285.
- FREDERICKSON, J. – ROONEY, J.F., *How the Music Occupation Failed to Become a Profession*, «International Review of the Aesthetics and Sociology», 1990, 245-256.
- FUBINI, E. *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Einaudi, Torino 1976.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALANTI, G. – PUCCI, N. – GABELLINO, M., *La valutazione della fatica tramite la misurazione degli enzimi muscolari*, Università degli Studi di Firenze, Firenze 2003.
- GARCÍA GONZÁLEZ, E., *Vigotsky, la construcción histórica de la psique*. Editorial Trillas, México 2005.
- GARCÍA SALAZAR, J.L., *Fundamentos del aprendizaje*, Editorial Trillas, México 2008.
- GARDNER, H., *Frames of Mind*, Basic Books, New York 1983.
- GASER, C. – SCHLAUG, G., *Brain structures differ between musicians and non-musicians*, «Journal of Neurosciences», n. 23, 2003, 9240-9245.
- GERBERT, M., *Scriptores Ecclesiastici de Musica Sacra Potissimum [...]*, volumen II, Typographica San Biagio, San Biagio 1794.
- GLUMPOWICZ, PH., *Les travaux d'Orphée. 150 ans de vie musicale amateur en France: harmonies, chorale, fanfares*, Aubier, Paris 1987. Cfr. anche l'ediz. ampliata, *Les travaux d'Orphée. Deux siècles pratique musicale amateur en France (1820-2000): harmonies, chorale, fanfares*, Aubier, Paris 2001.
- HANDEL, S., *Listening: An Introduction to the Perception of Auditory Events*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (MA) 1989, 268
- HARRISON, F.L.L., *The Musical Impact of Exploration and Cultural Encounter*, en M.L. Mark (compilación de), *Music education, Source Readings from Ancient Greece to Today*, Routledge, New York 2008, 33-34.
- B. HAUPTMANN – A. KARNI, *From primed to learn: the saturation of the repetition priming and the induction of long term memory*, «Cognitive Brain Research», 2002, n. 73, vol. 3, 312-322.
- HAUSER, A., *Sozialgeschichte der Kunst und Literatur*, C.H. Beck, München 1951.
- HÉRNANDEZ SAMPIERI, R. – FERNÁNDEZ-COLLAUDO – BAPTISTA LUCIO, C.P., *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill, México 2006<sup>4</sup>.
- HIRSH, I.J. – SHERRIK, C.E., *Perceived Order in Different Sense Modalities*, «Journal of Experimental Psychology», 1961, vol. 62, núm. 5.
- HORTON, J., *Orff, Carl, Educational work*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, Macmillan, London 1980, vol. 13, 708, 709.
- JAQUES-DALCROZE, É., *Le rythme, la musique et l'éducation*, Foetisch, Lausanne 1920.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JENSEN, E., *Cerebro y Aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas*, Narcea, Madrid 2004<sup>2</sup>.
- JONES, T.A. – GREENOUGH, W.T., *Behavioral experience-dependent plasticity of glial-neuronal interactions*, en *The tripartite synapse glia in synaptic transmission*, Oxford University Press, Oxford 2002, 248-265.
- KANDEL, E.R. (et al.), *Neurociencia y conducta*, Pearson-Prentice Hall, Madrid-New York 1995.
- KANDEL, E.R., *En busca de la memoria*, Katz, Buenos Aires 2007.
- KEMPERMANN, G. – GAGE, F.H., *New nerve cells for the adult brain*, «Scientific American», n. 282 (Mayo 1999), 48-53.
- KIRKPATRICK, R., *Domenico Scarlatti*, Princeton University Press, Princeton 1983.
- KODÁLY, Z., *Muzică populară și muzica cultă*, «Muzică», v, n. 4, 22-25.
- KRAKAUER, J.W – SHADMEHR, R., *Consolidation of Motor Memory*, «Trends in Neurosciences», Enero, 2006, 58–64.
- KWABENIA NKETIA, J.H., *The Music of Africa*, Norton, New York 1974.
- LASLEY, E., *How the Brain Learns and Remembers*, «BrainWork», n. 7, 1997, 1-9.
- LEHMANN, A.C., MCARTHUR, V., *Sight-Reading*, en R. Parncutt, G.E. MacPherson (compilación de), *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, Oxford University Press, New York 2002, 135-150.
- LEÓN-CARRIÓN, J., *Manual de neuropsicología humana*, Siglo XXI, Madrid 1995.
- LEVITIN, D.J., *This is your brain on music. The Science of a Human Obsession*, Plume Penguin, New York 2006, 197.
- LIEURY, A., *Los métodos mnemotécnicos*, Herder, Madrid 1985.
- MANGIONE, G., *La pedagogia della musica secondo Zoltan Kodály*, SCE, Firenze 1974.
- MASLEY, R. – ROETZHEIM, S. – GUALTIERI, T., *Aerobic Exercise Enhances Cognitive Flexibility*, «Journal of Clinic Psychology and Medicine Settings», n. 16, 2009, 186-193.
- MASSA, R., *Istituzioni di pedagogia e scienze dell'educazione*, Laterza, Roma-Bari 1997.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MENDOZA GONZÁLEZ, M. E., *Aprendizaje*, en A. Téllez Lopez (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002, 69-106.
- MENGER, P.-M., *Sociologie et Anthropologie*, Presses Universitaires de France, Paris 1983.
- MERIANI, A., *Sulla musica greca antica*, Università degli studi di Salerno, Salerno 2003.
- MIDDLETON, F. – STRICK, P., *Anatomical Evidence for Cerebellar and Basal Ganglia Involvement in Higher Cognitive Function*, «Science», n. 226 (new series), 1994, 458-461.
- MITHEN, S., *Los neandertales cantaban rap, los orígenes de la música y el lenguaje*, Editorial Crítica, Barcelona 2007.
- MOZART, L., *Versuch einer gründlichen Violinschule [...]*, Johann Jakob Lotter, Augsburg 1756.
- MUELLBACHER, W.– O'SHEA, J. – ROSSETTI, Y., *Early consolidation in human primary motor cortex*, «Nature», 2002, Vol. 415, 640-644.
- MÜNTE, T.F. – ALTENMULLER, E. – JANCKE, L., *The musician's brain as a model of neuroplasticity*, «National Review of Neurosciences», n.3, 2002, 473–478.
- NEUMANN, F., *Performance Practises of the Seventeenth and Eighteenth Centuries*, Schirmer Books-McMillan Publishing Company, New York 1993.
- OJEDA, J. – ICARDO, J., *Neuroanatomía Humana. Aspectos funcionales y clínicos*, Masson 2004, Barcelona.
- OLIVIERI, D., *Fondamenti di statistica*, CEDAM, Padova 1995.
- ORMROD, J.E., *Aprendizaje humano*, Pearson Prentice Hall, Madrid 2007.
- PARSONS, L., *Exploring the functional neuroanatomy of music performance, perception and comprehension*, en I. Peretz – R. Zatorre (compilación de), *The Cognitive Neuroscience of Music*, Oxford University Press, Oxford 2003, 247-268.
- PINEL, J.P.J., *Biopsicología*, Pearson Educación, Madrid 2007.
- PONTIFEX, M.B. – HILLMAN, C.H – FERNHALL, B. – THOMPSON, KM. – VALENTINI, T.A., *The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory*. «Medicine Sciencens and Sports Exercises», n. 41 (4). Abril 2009, 927-934.
- POPPEL, E., *Mindworks: Time and Conscious Experiences*, Harcourt Brace Janovich, Boston 1988

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- QUANTZ, J.J., *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen [...]*, Johann Friedrich Voss, Berlin 1752.
- RAINBOW, B., *Gallin-Paris-Chevé methode*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, Macmillan, London 1980, vol. 7, 99-100.
- RATHEY, J.J., *El cerebro: manual de instrucciones*, Mondadori, Barcelona 2002.
- RICO, G., *La formazione musicale nell'ambito del Quadrivium*, en J.-J. Nattiez (compilación de), *Enciclopedia della musica*, Einaudi, Torino 2002, vol. IV, 118-129.
- RIGUTTI, A. (et al.), *Atlante di fisiologia umana*, Giunti, Firenze 2007.
- ROSENKRANZ, K. – WILLIAMON, A. – ROTHWELL, J.C., *Motorcortical excitability and synaptic plasticity is enhanced in professional musicians*, «Journal of Neurosciences», n. 27, 2007, 5200-5206.
- ROSENZWEIG, M.R. (et al.), *Psicología biológica, una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*, Editorial Ariel colección Neurociencias, Barcelona 2001.
- ROZENWEIG, M.R., *Psicología biológica. Una introducción a la neurociencia conductual, cognitiva y clínica*, Ariel, Madrid 2001.
- RUBIN-RABSON, G., *The influence of analytical pre-study in memorizing piano music*, «Archives of Psychology(Columbia University)», 1937, núm. 220, 3-53.
- SANTROCK, J. W., *Psicología de la Educación*, Mc Graw Hill, México 2006.
- SANTROCK, J.W., *Introducción a la psicología*, Mc Graw Hill, Ciudad de México 2004.
- SHAW, W., *James Nares*, en S. Sadie (compilación de), *The New Grove Dictionary of Music & Musicians*, McMillan, London 1980, vol. 13, 38-39.
- SHUNK, D.H., *Teoría del aprendizaje*, Pearson Prentice Hall, México 1997.
- SIMMONS, A.L. – DUKE, R.A., *Effect of Sleep on a Performance of a Keyboard Melody*, «Journal of Research in Music Education», 2006, n. 54, vol. 3, 257-269.
- SLOBODA, J., *The Musical Mind. The Cognitive Psychology of Music*, Oxford University Press, Oxford 1985.
- SNYDER, B., *Music and Memory. An Introduction*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (MA) 2002, xiii.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- STEWART, L., *Musicians constitute a model, par excellence for studying the role of experience in sculpting brain processes. Do musicians have different brains?*, «Clinic Medicine & Research», n. 8, 2008, 304-308.
- STRAMIELLO, C.I., *La problemática educativa de América latina a través de las conferencias iberoamericanas de educación*, «Revista española de educación comparada», n° 9, 2003, 193-218.
- TÉLLEZ LÓPEZ, A. (compilación de), *Atención, Aprendizaje y Memoria. Aspectos psicobiológicos*, Trillas, México 2002.
- TÉLLEZ OLVERA, H., *La atención*, en A. Téllez Lopez (compilación de), *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*, Editorial Trillas, México 2002, 41-68.
- THOMPSON, R.F., *The Brain. A Neuroscience Primer*, W.H. Freeman & Co., New York 1993.
- TORTORA, G.J. – REYNOLDS GRABOWSKY, S., *Principios de Anatomía y Fisiología*, Oxford University Press, México 2002.
- TOSI, P.F., *Opinioni de' cantori antichi e moderni*, Lelio della Volpe, Bologna 1723.
- TÜRK, D.G., *Clavierschule, oder Anweisung zum Klavierspielen für Lehrer und Lernende mit Critischen Anmerkungen*, Leipzig-Halle 1789.
- UREÑA, F. (compilación de), *La educación física en secundaria. Elaboración de materiales curriculares. Fundamentación teórica*, INDE, Barcelona 1997
- VAN PRAAG, H., *Exercise and the brain: something to chew on*, «Trends in Neurosciences», n. 35 (5), Mayo 2009, 283-290.
- VERDUGO ALONSO, M.A., (compilación de), *Personas con discapacidad: perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras*, Siglo XXI, Madrid 2002.
- WALKER, M.P. – STICKGOLD, R. – ALSOP, D. – GAAB, N. – SCHLAUG, G., *Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain*, «Neuroscience», 2005, 133(4), 911-917.
- ZABALA, A. – ARNAU, L., *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*, Graó, Barcelona 2007.
- ZATORRE, R.J. (et al.), *When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production*, «Nature Reviews – Neuroscience», Volumen 8, Julio 2007, 547-558.