

# **CAPITULO I: FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE APRENDIZAJE**

*“No basta con alcanzar la sabiduría, es necesario saber utilizarla”*

*Marco Tulio Cicerón. 106 – 43 ac*

## CAPITULO I: FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE APRENDIZAJE

### 1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje es el proceso en virtud del cual nuestra conducta varía y se modifica a lo largo del tiempo, adaptándose a los cambios que se producen en el entorno. El aprendizaje es una capacidad que en mayor o menor medida es poseída por todas las especies animales, ya que constituye un mecanismo fundamental de adaptación al medio ambiente. No obstante, los tipos de aprendizaje de que es capaz una especie pueden ir desde procesos muy elementales a otros considerablemente complejos.

El hecho de que la conducta, sea modificable en función de las condiciones ambientales, es posible gracias a una compleja serie de procesos que tienen lugar en el cerebro. La adaptación de la conducta, al ambiente está mediada por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. De forma simplificada, esto significa que el sistema biológico al que llamamos *cerebro*, debe *procesar* los estímulos del ambiente, comparar el resultado de ese procesamiento con el conocimiento anterior y organizar un *output*, es decir, una *salida* o respuesta motora a esos estímulos.

Consecuentemente, el grado en que el aprendizaje es identificable con los cambios conductuales, depende del nivel de complejidad del proceso. Por ejemplo, la forma más elemental de aprendizaje es la *habituación*, consistente en la reducción de la fuerza de las reacciones reflejas a un estímulo, cuando este se presenta repetidamente, como en el niño que está aprendiendo su lengua materna, veremos que la identificación del aprendizaje con un cambio conductual no es tan clara, entonces nos preguntamos ¿aprende el niño una a una, cada una de las frases que va pronunciando o adquiere una capacidad más abstracta y general? Si lo que se adquiere o aprende es algún tipo de conocimiento abstracto y genérico, debemos entonces distinguir cuidadosamente entre este conocimiento (el *aprendizaje*) y las conductas concretas que permite generar (la *acción*). Aunque el aprendizaje no se identifique necesariamente con la acción, esta es la única vía para acceder al conocimiento adquirido por el sujeto. Mientras que, la acción es un dato observable, siendo la base empírica en la que se sustentan todas las teorías del aprendizaje, el aprendizaje como tal, es un proceso inferido. [1]

En definitiva, el aprendizaje es el resultado de un cambio potencial en una conducta, a nivel intelectual o psicomotriz que se manifiesta cuando estímulos externos incorporan nuevos conocimientos, estimulan el desarrollo de habilidades y destrezas o producen cambios provenientes de nuevas experiencias. [16], [18], [19]

El objetivo de este capítulo, es realizar una revisión de los estudios que conllevan al proceso de aprendizaje, que representa en todo o en parte las características de las distintas variables que participan en él. Destacándose, el modelo teórico sistémico con aplicación del Test Gestáltico Visomotor de Bender – Koppitz, que permite evaluar la madurez perceptiva y el ajuste emocional sobre la base de un protocolo, en relación al vínculo con el aprendizaje.

### **1.1. RELACION ENTRE APRENDIZAJE Y MEMORIA**

Aprendizaje y memoria son dos procesos psicológicos intrínsecamente relacionados y puede decirse que constituyen, en realidad, dos momentos en la serie de procesos a través de los cuales, los organismos manejan y elaboran la información proporcionada por los sentidos. El aprendizaje, es un proceso de cambio en el estado de conocimiento del sujeto y, por consecuencia, en sus capacidades conductuales y, como tal, es siempre un proceso de *adquisición*, por el se incorporan nuevos conocimientos y/o nuevas conductas. Puesto que el aprendizaje implica siempre alguna forma de adquisición de información y, por lo tanto, una modificación del estado de la memoria del sujeto, puede decirse que aprendizaje y memoria son fenómenos interdependientes. La capacidad del cerebro para aprender, implica la capacidad del cerebro para recordar y, ambas pueden resumirse en la capacidad del cerebro, para adquirir información. La distinción que se hace entre aprendizaje y memoria, es una

forma conveniente de organizar nuestros conocimientos sobre los procesos biológicos de adquisición de información.

Es importante considerar el aprendizaje como *adquisición* y la memoria como *registro* o *depósito* de lo adquirido. La memoria, es en sí misma, un proceso dinámico. Por una parte, la información almacenada a largo plazo en el cerebro, está sometida a procesos de reorganización dependientes de múltiples factores, como la adquisición de nuevas informaciones relacionadas, o la imposición de nuevas interpretaciones sobre informaciones pasadas. Por otra, bajo el término *memoria* pueden encuadrarse procesos dinámicos de uso y mantenimiento transitorio de información, como cuando realizamos cálculos mentales mientras mantenemos el recuerdo de una cifra anterior, o interpretamos una frase en función del contexto de una conversación reciente.[19]

### **1.1.1. NIVELES DE ANÁLISIS**

El estudio experimental del aprendizaje y la memoria puede ser abordado desde tres diferentes niveles, que no son excluyentes, sino que se refieren a distintos aspectos del aprendizaje y la memoria, planteando su estudio desde otras perspectivas para una auténtica comprensión de estos procesos biofísicos.

- a. *Nivel conductual*: se ocupa de analizar relaciones entre variables ambientales y cambios observables en la conducta. Este enfoque está presente en nuestra investigación, siendo el objetivo la explicación de un fenómeno interno o mental (por ejemplo: la actividad de recordar una figura giestáltica para reproducirla), el método para someter esos fenómenos a un análisis experimental pasa por la observación del comportamiento del sujeto, y de las modificaciones que este experimenta bajo diferentes condiciones.
- b. *Nivel cognitivo*: considera el cerebro como un sistema de procesamiento de información y trata, por tanto, de indagar en las actividades de procesamiento que tienen lugar durante el curso del aprendizaje, y del modo en que la información queda representada en la memoria. Al ser actividades internas, las actividades de procesamiento de información, no son directamente observables como *conductas*, y han de ser inferidas a partir de la observación de la conducta manifiesta. Por ello, el estudio de cualquier fenómeno a un nivel cognitivo, no puede ser nunca independiente del estudio de ese fenómeno a un nivel conductual. Los procesos cognitivos como memoria, atención, razonamiento, etc. no son *observados* en sí mismos, sino inferidos a partir de las actividades conductuales del sujeto.

El nivel cognitivo es un nivel *representacional*, ya que las *entidades* mentales resultantes del procesamiento de la información proporcionada por los sentidos, pueden considerarse como representaciones de

estímulos y situaciones externas, que quedan almacenadas en la memoria. En gran parte, el estudio cognitivo del aprendizaje y la memoria, es el estudio del proceso de formación de nuevas representaciones mentales, es decir, de los contenidos informativos derivados de experiencias pasadas o de las actividades de procesamiento llevadas a cabo sobre los propios contenidos de la memoria.

- c. *Nivel neuronal*: tiene como objetivo el estudio de los procesos físico - biológicos que tienen lugar en el cerebro, y que permiten a éste desarrollar las funciones de aprendizaje y la memoria. Este nivel estudia cómo se concretan físicamente en el cerebro las representaciones mentales que constituyen la memoria, y en él pueden distinguirse al menos dos subniveles:
- *Nivel global*: los procesos neuronales delimitan los sistemas de vías y centros cerebrales que intervienen en las distintas formas de aprendizaje y memoria. Por ejemplo, el sujeto recuerda bien a corto plazo, pero no parece capaz de almacenar o consolidar nuevas informaciones por un período prolongado.
  - *Nivel molecular*: el nivel de análisis neuronal pretende mostrar los mecanismos mediante los cuales el cerebro es capaz de almacenar información. A este respecto, es fundamental el concepto de plasticidad neuronal, que en el sentido que ahora

nos interesa se refiere a la capacidad de las neuronas para modificar sus propiedades funcionales, en respuesta a ciertas pautas de estimulación ambiental. La forma más obvia de plasticidad, es la consistente en la modificación de la fuerza de las conexiones entre distintas células debida a su activación repetida y conjunta. De esta forma, redes de elementos neuronales interconectados, pueden modificar sus propiedades en respuesta a los cambios producidos en el medio ambiente y, por lo tanto, *aprender*. El estudio de la plasticidad neuronal, en relación con el aprendizaje y la memoria, es el estudio del modo en que el cerebro codifica físicamente nuevas informaciones a través del funcionamiento del sistema nervioso.[8]

## **1.2. TEST GESTALTICO VISOMOTOR DE BENDER**

Desde la publicación del Test de Bender en 1938, es una de las pruebas más utilizadas en el área educativa y clínica. La base científica sobre la que se construyó éste test es la psicología de la Gestalt y sus estudios sobre la percepción.

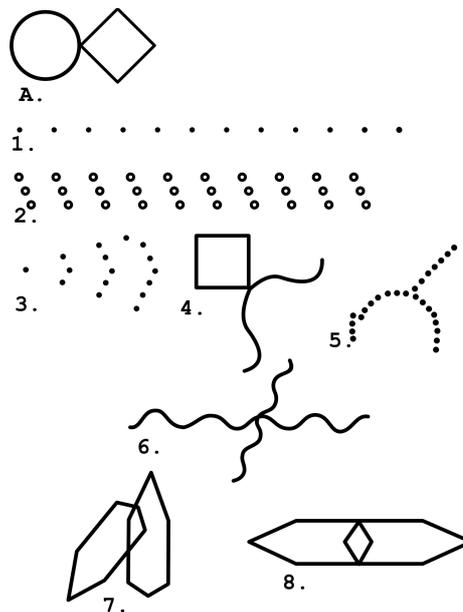
Lo notable es que Laretta Bender aun basándose en la teoría de la Gestalt, logró a partir de sus investigaciones sobre la génesis de la percepción de la forma en el niño, reformular y agregar nuevos principios. Construyo entre 1932 y 1938 su Test Gestáltico Visomotor, conocido como B.G. (Bender

Gestalt). A través de esta prueba, se propuso estudiar la función gestáltica en distintas condiciones de la persona cuando presentaban desordenes orgánicos y, por otro lado, medir el nivel de maduración de la función motriz de la estructuración visual. Halló que los diseños que había realizado Wertheimer (1932), para demostrar los principios de la psicología de la Gestalt en relación a la percepción, podrían ser útiles para su investigación. Adoptó entonces nueve tarjetas (tamaño 10 x 15) con dibujos abstractos (Figuras 1.1), donde señala que la percepción y reproducción de estas figuras dependen de los principios biológicos de acción sensoriomotor, y que estos a su vez están en función de dos aspectos:

- Patrón de desarrollo y nivel de maduración.
- Estado patológico funcional u orgánico inducido.

La profunda convicción del valor intrínseco de las ideas básicas de la psicología de la Gestalt, ha conducido a Laretta Bender a investigar el problema que relaciona las distintas condiciones del sujeto; asociándola a la percepción visual, la habilidad motora, memoria, conceptos temporales – espaciales y a la capacidad de organización o representación, donde estas experiencias proporcionaron una estimación del desarrollo visomotor que, en general, corre paralelo al desarrollo mental del niño. [2], [11]

La Función Gestáltica puede definirse como aquella función del organismo integrado, por la cual éste responde a una constelación de estímulos dada como un todo, siendo la respuesta mínima una constelación, un patrón, un gestalt.



**Figura 1.1:** Las nueve figuras del Test Gestáltico Visomotor de Laurretta Bender, adaptadas de Wertheimer  
Fuente: *Test Gestáltico visomotor (B.G.) Usos y aplicaciones clínicas*  
Laurretta Bender – 20ª reimpresión, 2008 – Editorial Paidós

### 1.2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL TEST GESTALTICO VISOMOTOR DE BENDER

Cuando Laurretta Bender, en su publicación *Test Gestáltico Visomotor (B.G.) Usos y aplicaciones clínicas*, plantea sus fundamentos teóricos, ella alude a cinco sistemas teóricos diferentes sobre los que sustenta su test:

- a. *Los procesos de maduración infantil y el factor motor:* el niño atraviesa por múltiples fases de maduración antes de alcanzar un nivel de eficiencia en la ejecución del dibujo [11]. Estas son:
- Garabateo de los 2 a los 3 años.
  - Línea, que las traza la niñez de los 4 años.
  - El simbolismo descriptivo, que está presente entre los/as niño/as de 5 a 6 años.
  - Realismo, que es característico de los/as niño/as de 7 a los 9 o 10 años.
  - Realismo visual, el que se encuentra entre los 10 y 11 años.
- b. *La maduración en el niño primitivo:* el estudio que Lauretta Bender refiere del Dr. Nissen [2], le permitió determinar que la orientación en el espacio no puede encararse únicamente al desarrollo biológico, sino desde la organización de los patrones perceptuales motores y que esta organización sigue un patrón definido en los diferentes patrones de maduración; los que son similares en todos los niños, independientemente de su contexto.
- c. *Las imágenes ópticas y el movimiento como medios para organizar la representación:* Kanner y Schilder realizaron un estudio en donde llegaron a la conclusión que la cualidad inherente a todas las imágenes ópticas es el movimiento. Este se basa en los movimientos elementales de espiral, ondulamiento, expansión, contracción y centelleo. Todas las configuraciones tienden a emplear algunas formas elementales del

movimiento, con el fin de realimentarse en una primitiva forma de inactividad.

- d. *El factor temporal*: determinado por las relaciones de movimiento y de sucesión, al producirse los procesos de maduración, tienden a integrar las relaciones espaciales y que, por tanto, están determinadas por el factor temporal del transcurso vital del individuo.

### **1.2.2. CARACTERIZACION DEL TEST GESTALTICO VISOMOTOR DE BENDER**

Dentro de la clasificación de los test, el Bender pertenece al grupo de los visomotores, gestálticos y proyectivos, siendo además no verbal, neutro e inofensivo sin tiempo límite, pero con ejecución cronometrada.

- ◆ **Edades de aplicación del Bender**: es aplicable a sujetos de 5 años hasta la adultez. Cabe destacar, que los investigadores que trabajan con la niñez desarrollan sus propios métodos para hacer la evaluación de los puntajes. Esto ha dado como resultado un sin número de escalas de puntajes, las cuales se basan en muestras bastantes limitadas y que en la mayoría de los casos están clasificadas para grupos específicos, tales como niñez con retraso, perturbaciones emocionales, entre otras. Por otro lado, Elizabeth Koppitz, es quien desarrolla el sistema de puntuación para las edades de 5 a 12 años con 11 meses (ver Anexo B), que se examinará a continuación.

- ◆ **Materiales que componen al Test Bender:** consiste en nueve tarjetas de cartulina blanca estandarizadas de 10x15[cm], con figuras geométricas impresas y están identificadas al dorso, como sigue: la primera con la letra A y las restantes numeradas de 1 a 8, (Figura 1.1).
- ◆ **Materiales para la administración del Test Bender:**
  - Las nueve tarjetas del Test Bender.
  - Nueve hojas de papel blanco (puede darse el caso de que un sujeto reproduzca una figura por hoja).
  - Una goma de borrar (el sujeto puede borrar)
  - Un cronómetro, para registrar el tiempo de ejecución.
  - Una libreta para tomar nota durante la ejecución.
- ◆ **Procedimiento:** En forma individual se le presenta al sujeto, de manera sucesiva, una colección de nueve tarjetas con figuras abstractas para que las reproduzca. Teniendo el modelo a la vista, se le pide que copie los dibujos uno a la vez, iniciando con la tarjeta A y, así sucesivamente de la 1 a la 8, con un lápiz negro en una hoja de papel blanco. Si lo desea, el sujeto puede usar más de una hoja de papel.
- ◆ **Evaluación e interpretación del Test Bender:** Una vez finalizado la copia de las nueve figuras se cuenta con un registro gráfico del desempeño del sujeto, lo que se denomina *protocolo* (tal como se muestra en el Anexo A). Este deberá contar con el nombre completo, edad, sexo, ocupación, nivel escolar y tiempo de ejecución del sujeto, al reverso de la hoja, escrito delicadamente y con un lápiz de manera

tal que no afecte los dibujos. Por tanto, la evaluación del test se puede realizar sobre dos ítems a tener en cuenta en nuestro trabajo. Ellos son: nivel de madurez de la percepción visomotor y disfunción de la integración visomotor.

### **1.3. GENERALIDADES DEL TEST GESTALTICO VISOMOTOR DE BENDER - KOPPITZ**

Para los gestalistas la experiencia sensorial está representada directamente por hechos físicos derivados de los estímulos. Cuando miramos, verificamos que los hechos perceptivos se comportan como si estuviesen sometidos a las tensiones, a los vectores, a las influencias, al juego de fuerzas del campo. El proceso perceptivo consiste en la autorregulación dinámica de un campo de fuerzas. En cambio para la concepción de los cognitivistas como Helmothz, la representación física de los estímulos pasa a transformarse inmediatamente en representaciones simbólicas. Para tal concepción la experiencia sensorial produce una secuencia de procedimientos y manipulaciones simbólicas que llevan a la interpretación de los datos, en nuestro caso es medido por lo que hemos determinado como el *Coefficiente Mental Visomotor* (léase CMVM).

Por ello, ver y reproducir diseños geométricos no es una tarea simple de aprendizaje, existen numerosos factores involucrados en este procedimiento. La manera en que cada sujeto maneja cualquier experiencia, depende no sólo

del desarrollo biológico alcanzado en el área visomotora, sino de los patrones de conducta que ha desarrollado (Figura 1.1).

Lauretta Bender [2] expresa *“que el objeto externo - en este caso las figuras del test - no es el único factor de la percepción. Las situaciones externas e internas desempeñan un papel preponderante”*. La situación externa incluye otros objetos del campo, tanto en el tiempo como en el espacio, muchas veces la forma precedente modifica la respuesta en la copia que sigue. Este factor temporal es tan importante como el espacial en la percepción visual. La Gestalt es una función activa, que está sujeta constantemente a modificaciones que dependen:

- de la naturaleza del estímulo.
- de la recepción de los órganos sensoriales.
- del estado del sistema nervioso y su función integradora.
- de la totalidad de la personalidad (con inclusión de los complejos emocionales).
- de la situación o contexto en que la reacción se produce.

En la mayoría de las investigaciones realizadas con el test de Bender, se han empleado el sistema de puntuación que fuera desarrollado por Koppitz E. M. (1961) [14], que aporta un sistema de puntaje objetivo para facilitar la evaluación de niños pequeños con inteligencia promedio. Ambas autoras postulan que la percepción y la reproducción de figuras gestálticas se hallan

determinadas por principios biológicos de acción sensoriomotor, que varía en función de:

- *Indicadores madurativos del Bender:* que generarán una puntuación directa, que se corresponderá con el número de errores cometidos, medidos por el CMVM, con el fin de valorar el desempeño del niño según edad y el ambiente.
- *Indicadores de disfunción neurológica:* tanto en adultos como en niños, los protocolos difieren significativamente de los producidos por individuos sin disfunciones, y la integración visomotor evaluada por esta técnica es una función integral controlada por la corteza cerebral, de manera que cualquier lesión o disfunción la modificará e implicará un nivel inferior y más primitivo de rendimiento. Todas las distorsiones (rotación, perseveración, integración y distorsión) en el Bender son manifestaciones de una coordinación visomotor pobre o inmadura, y ocurren normalmente en los protocolos de cualquier niño en algún momento de su desarrollo.
- *Indicadores de ajuste emocional:* se diferencian completamente de los indicadores madurativos y neurológicos, ya que constituyen un grupo completamente distinto de peculiaridades que aparecen en el dibujo (en ocasiones se los llama *aciertos*), y se han establecido en base a la observación de muestras de protocolos. Se trata más bien de

características o peculiaridades emocionales *permanentes o transitorias* que no necesariamente implican un desajuste significativo o una patología.

Por tanto, dicho test dispone de un sistema de puntuación simple y otro objetivo, donde el sistema objetivo fue diseñado con el fin de determinar el nivel de madurez en la percepción visomotor de la niñez de 5 a 12 años con 11 meses (Edad mental (léase EM)). De esta manera, el test Gestáltico de Bender – Koppitz, utiliza el *Método Standard para la Administración del Test* establecidas por Elizabeth Koppitz (ver Anexo B).

### **1.3.1. CARACTERIZACION DEL TEST GUESTALTICO VISOMOTOR DE BENDER – KOPPITZ**

La administración del test sigue el mismo procedimiento establecido por Bender que fue señalado anteriormente, este puede ser de tipo individual y/o colectiva, siendo que el sistema de puntuación de la escala de maduración del test es aplicable al sujeto comprendido entre 5 a 12 años con 11 meses.

- **Evaluación de los protocolos del test de Bender - Koppitz:** con la aplicación del test se obtiene un protocolo (hojas con las figuras reproducidas), que podrá ser analizado tanto objetiva como subjetivamente. Objetivamente se realiza mediante el sistema estandarizado de puntuación de Koppitz, el cual es el sistema más

utilizado para la evaluación de protocolos de la niñez de edades entre 5 a 12 años con 11 meses.

En los protocolos del test de Bender, se puntúan las fallas reflejadas en la copia de los dibujos. La EM se basa en los errores obtenidos, que son signos de inmadurez de la función visomotor. Es por ello, que entre más alto sea el puntaje obtenido en la evaluación del protocolo, es menor la madurez visomotor del sujeto que ha realizado la prueba. Caso contrario, entre menos puntos obtenga el sujeto, mayor será la madurez visomotor que tiene. Los ítems puntuables son 30, siendo 1 la presencia y 0 la ausencia de errores. Una vez obtenido la sumatoria de los ítems puntuados (errores), se establece la EM buscando este valor en la tabla de Datos normativos para el sistema de puntuación de la Escala de Maduración de Bender – Koppitz (Anexo B).

Para nuestra investigación, se utilizó el test de Bender junto a la Escala de Maduración de Koppitz. A partir de las nueve figuras propuestas por Bender (Figura 1.1), se registraron veinticinco ítems clasificados en siete categorías que se catalogan con 1 (presente) y 0 (ausente), evaluándose para nuestro caso el indicador de ajuste emocional (*aciertos*), obtenidos por los niños desde 5 años (jardín de infantes) hasta 12 años 11 meses (séptimo grado de primaria) en edad escolar, que se examinará en detalle en el Capítulo IV.

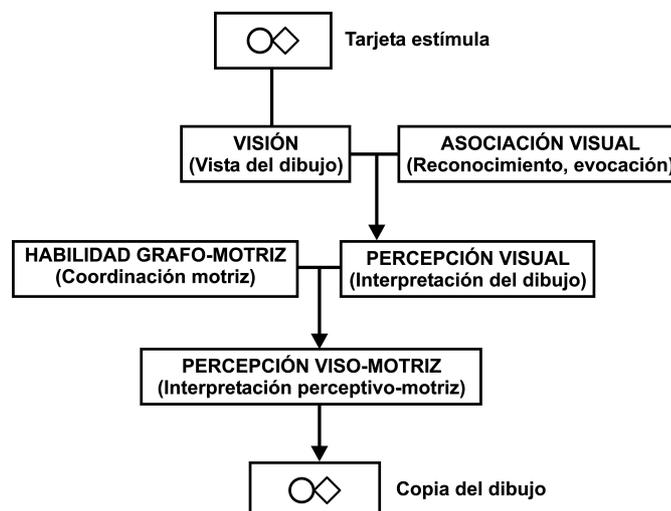
- **Percepción:** la reproducción de los dibujos, ya sea de memoria o mediante copia, está determinada por condicionantes psicológicos internos, lo cuales son el resultado de la maduración y el desarrollo del sistema nervioso, y en algunos casos pueden ser alterados por factores emocionales o estados fisiológicos. Con lo expuesto, es válido afirmar que la percepción o configuración de percepciones, está biológicamente determinada por un patrón sensoriomotor, es decir que los niveles de maduración del sistema nervioso intervienen en la representación de los dibujos de un sujeto. En este sentido, la percepción es mucho más de lo que se ve, esto significa la forma cómo el cerebro organiza la información que proviene del sistema óptico (Figura 1.2).

En la vida diaria se realiza este proceso, organizando líneas y sombras, creando escenas, de esta manera es como pequeños pedazos de información forman configuraciones significativas, dicho proceso está determinado por ciertas *leyes de organización perceptual* [2], que fueron propuestas por los teóricos del Gestalt, entre las que se destacan las siguientes leyes:

- ✓ *Ley de proximidad:* se agrupan elementos que se encuentran cerca uno del otro.
- ✓ *Ley de semejanza:* las figuras más parecidas entre sí, tienden a agruparse más fácilmente que las más diferentes.
- ✓ *Ley de continuidad:* los elementos que parecen seguir una misma dirección suelen agruparse.

- ✓ *Ley de cierre*: los contornos que parecen abrirse o los que son discontinuos, tienden a completarse hasta que aparecen cerrados.

En consecuencia, la organización de esta información consiste en dividir la imagen en dos tipos de objetos, unos están formados por zonas integradas y definidas, que constituyen las *figuras* y el resto aparece más difuso, incluso amorfo, es el llamado *fondo*. [11]



**Figura 1.2:** Representación esquemática del proceso de percepción visomotor implicado en la copia de las figuras de Bender.

[Fuente: Test Gestáltico visomotor (B.G.) Usos y aplicaciones clínicas – Lauretta Bender – 20° reimpresión, 2008 – Editorial Paidós]

- **Desarrollo motor:** el desarrollo de la motricidad en la niñez depende sobre todo de la maduración global física, siendo el desarrollo esquelético y neuromuscular, en ambos procesos el niño desarrolla ciertas habilidades en consonancia con cada una de las motricidades.

- **Visomotricidad:** término acuñado por Lauretta Bender, para aludir a la percepción visual y la coordinación motor, como a un proceso con un alto nivel de integración, refiriendo la naturaleza global de la función gestáltica y la imposibilidad de separar las capacidades motoras y perceptivas. El desarrollo de la función visomotor en la niñez no sólo se refiere al crecimiento y maduración neurológica, sino también a la expresión de nuevas manifestaciones visomotoras (movimiento, forma), a medida que avanza en su proceso evolutivo. Por tanto, es evidente que la niñez no experimenta la percepción de igual manera que el adulto, no obstante, el alumno que es capaz de aprender a leer y escribir, debe tener experiencias visomotor similares a las del adulto, es decir, poseer un nivel de maduración visomotor que le permita desarrollar satisfactoriamente las tareas escolares. Koppitz E., considera que el buen desempeño en la escuela primaria está relacionado con tres funciones básicas de la percepción visomotor, las cuales el haber logrado un cierto nivel de maduración. Tales funciones son:
  - La capacidad de percibir el dibujo como un todo limitado y poder iniciar y detener una acción a voluntad.
  - La capacidad de percibir y copiar correctamente las líneas y las figuras en cuanto a la orientación y a la forma.
  - La capacidad de integrar partes en una sola ggestal.

No obstante, Bender – Koppitz coinciden al afirmar que la percepción visomotor de la niñez está vinculada estrechamente con el lenguaje y otras funciones relacionadas con las capacidades de aprendizaje.

- **Edad Madurativa Visomotor (EMVM):** *es el nivel de integración de la madurez motora y visual (perceptiva) alcanzada por cada sujeto, cuyo comportamiento está determinado biológica y socialmente, el cual se comprueba mediante la aplicación de éste test. En la niñez por su parte se obtiene a través del sistema de puntuación establecido por Koppitz.*

#### **1.4. MODELADO MATEMATICO**

Un modelo matemático es la representación matemática aproximada de un sistema, que se utiliza para reproducir y predecir su comportamiento bajo diversas condiciones. Para realizar la representación, los modelos matemáticos formalizan en su lenguaje el conocimiento que se tiene del sistema, en general, utilizando las leyes que rigen los diferentes fenómenos que ocurren en él.

En el campo de la física y la biología, los modelos matemáticos pueden ayudar a mejorar la comprensión de diferentes mecanismos celulares u orgánicos, de las interacciones entre distintos subsistemas e investigar situaciones que no pueden ser fácilmente estudiadas a nivel experimental. La resolución de los modelos permite predecir el comportamiento de los sistemas, y luego reduce el esfuerzo invertido en realizaciones físicas

experimentalmente. Esto disminuye drásticamente el tiempo necesario para ejecutar y mejorar las investigaciones, con la consecuente disminución de los costos en recursos humanos y materiales.

El modelado matemático de un sistema puede plantearse de diferentes maneras, dependiendo del nivel de conocimiento que se posea del mismo. La manera más usual de realizar un modelo matemático, es describir matemáticamente todos los fenómenos que ocurren, para la cual éstos deben ser bien conocidos y comprendidos. Este tipo de modelo, se denomina *fenomenológico* y permite identificar y relacionar matemáticamente, mediante parámetros numéricos, los procesos descritos por el modelo con la estructura física del sistema. Sin embargo, los parámetros del modelo poseen entonces un significado físico, que pueden llegar a ser muy complejo. Además de la dificultad de establecer las ecuaciones del modelo, la medición correcta de los parámetros numéricos asociados a un modelo particular, puede conllevar a una vasta cantidad de costosos procedimientos, y puede no ser siempre posible.

Otra forma importante de plantear el modelado que salva este tipo de dificultades, es la que constituyen las *técnicas de identificación*. La identificación, es un procedimiento que permite construir un modelo matemático de un sistema dinámico, a partir de mediciones de sus respuestas ante entradas conocidas [7]. La construcción del modelo, a partir de los datos

de entrada y de salida del sistema, involucra tres aspectos básicos: los datos, la estructura (etapa principal y difícil en el proceso de identificación) y la verificación de la validez del modelo al utilizar los datos. Cuando se posee conocimiento a priori del sistema, éste se puede usar para configurar o poner restricciones sobre la estructura del modelo.

Si no es posible asumir una estructura, se debe recurrir a modelos generales como por ejemplo: modelos lineales entrada - salida, modelos no lineales basados en redes neuronales, etc. Los parámetros en este caso, se ajustan con métodos de optimización convencionales (búsqueda de mínimo cuadrático, cadena de Markov, método de Euler, entre otros) y no reflejan ninguna consideración física. Los modelos resultantes, sólo reproducen el comportamiento entrada - salida del sistema, y se llaman por lo tanto de tipo *caja negra*, en contraposición a los modelos de tipo *caja blanca*.

A nivel de los sistemas biológicos específicamente del sistema neuronal, usualmente es de más interés estudiar con detalle su fenomenología. Actualmente, existen conocimientos adecuados sobre algunos fenómenos neuronales, de los que se dispone modelos matemáticos relativamente bien comprendidos y aceptados (McCulloch W. & Pitts 1943, Widrow & Hoff 1962, Hopfield J.J. & Huxley A.F. 1952, Engel A.B. 1978), mientras que otros fenómenos, aun no pueden ser completamente explicados, debido a la enorme complejidad de los mismos. En estas situaciones, lo más eficaz es enfrentar el

modelado matemático en la variedad de los enfoques cognitivos, producidos por señales evocadas en las neuronas por estímulos externos, que modifican sus vías de transducción que llegan a penetrar en el núcleo neuronal, y estimar los parámetros del modelo, mediante procesos de identificación que utilicen en cierto grado el conocimiento que se tiene del sistema. Se obtiene así, un modelo de tipo *caja gris*, que posee una estructura básica fundamentada en la fenomenología del proceso, y que permite asociar diferentes efectos a elementos específicos del sistema, pero a la vez se mantiene relativamente sencillo, y usa parámetros identificados que representan características de elementos no modelados o muy simplificados.

### **1.5. SISTEMA PROCESADOR: MODELO CEREBRAL**

La modelización matemática nos permite entender cómo procesa el cerebro, la información que le llega y establece las pautas a seguir para resolver diversos problemas. Luria A.R. (1966) desarrolló la idea del *sistema dinámico funcional*, cada proceso cognitivo y comportamental resulta de la coordinación de un gran número de distintos componentes, cada uno burdamente localizado en diferentes regiones cerebrales, pero todos ellos trabajando juntos en interacción dinámica. Este sistema funcional, tiene una tarea biológica que cumplir y es apoyada por una red de acciones interrelacionadas que nos llevará al efecto biológico permanente. Luria señala que el rasgo importante de éste sistema, consiste en que se apoya a sí mismo en una constelación de eslabones localizados en diferentes niveles del sistema

nervioso y estos vínculos pueden cambiar sin alterar la tarea psicológica. En este sentido, la localización de los sistemas funcionales se encuentran más relacionada con centros dinámicos que con centros fijos. Los centros dinámicos conservan la diferenciación, y juegan un papel principal especializado en actividades integradas. En este sentido, Rumelhart y McClellan expresan *“Nuestra visión global de la organización de procesamiento es similar a la de Luria. Hemos llegado a creer que tener la idea de subrutinas en un sistema llamando a otro no sea probablemente una buena manera de ver la operación del cerebro sino que, creemos que los subsistemas pueden modular el comportamiento de otros subsistemas”*. Por lo tanto, se considera que la idea de las redes neuronales artificiales es una modelización del concepto de sistema funcional de Luria. [17]

Por otro lado, los modelos neuronales asumen muchas simplificaciones del modelo biológico para poder plantear su desarrollo matemático, el trabajo pionero de McCulloch & Pitts (1943), utiliza unidades de procesamiento denominadas *neuronas* que poseen dos estados discretos, asociados a cada uno de ellos, se consigue un *output* que se transmite a los largo de la estructura vinculada a la red neuronal. En relación a los modelos del cerebro en general, estos responden a dos aspectos distintos:

- *Modelos de abordaje top - down (programación heurística)*: enfocados a los observables desde afuera, tomando el cerebro como una *caja negra*,

midiendo respuestas compartimentadas ante determinados estímulos, para luego, a partir de ahí, poder plantear hipótesis acerca de los principios subyacentes en niveles de sistema inferiores y con el objetivo de explicar tales principios a nivel celular.

Siendo éste modelo el que se tomará en cuenta para nuestro estudio.

- *Modelos de abordaje botton-up (biónico):* centralizados en los procesos que ocurren dentro de la célula y en su interacción con los demás, como base sustentadora de los sucesos observados.

### **1.5.1. SISTEMA FUNCIONAL CEREBRAL**

Una red neuronal (RN), consiste en la simulación de las propiedades observadas en los sistemas neuronales biológicos, a través de modelos matemáticos recreados mediante mecanismos artificiales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red, que colabora para producir un estímulo de salida. Cada neurona recibe una serie de entradas a través de las interconexiones y expresa una salida. [6]

El objetivo es conseguir que las máquinas den respuestas similares a las que es capaz de dar el cerebro, caracterizadas por su generalización y su robustez. Biológicamente, un cerebro aprende mediante la reorganización de las conexiones sinápticas entre las neuronas que lo componen. En la simulación de las redes, la reorganización de las conexiones sinápticas

biológicas se modela mediante un mecanismo de pesos, que son ajustados durante la fase de aprendizaje.

En una red entrenada, el conjunto de los *pesos* y las *conexiones* determina el conocimiento de la red, y tiene la propiedad de resolver el problema para el cual ha sido entrenada. Además, cada neurona tiene asociada una función matemática denominada *función de transferencia*, que tiene la función de generar la señal de salida de la neurona a partir de las señales de entrada. [14], [15]

Se considera que el aprendizaje en el cerebro reside en la plasticidad asociada con alteraciones en la eficacia sináptica.[5]

- Este modelo de aprendizaje sigue las ideas de Hebb D. (1949) [10], quien fue el primero en explicar los procesos del aprendizaje, que es el elemento básico de la inteligencia humana desde un punto de vista psicológico, desarrollando una regla de como el aprendizaje ocurría. Aun hoy, este es el fundamento de la mayoría de las funciones de aprendizaje, que pueden hallarse en una red neuronal. Su idea fue que el aprendizaje ocurría cuando ciertos cambios en una neurona eran activados. También intentó encontrar semejanzas entre el aprendizaje y la actividad nerviosa. Los trabajos de Hebb formaron las bases de la Teoría de las Redes Neuronales, donde el conjunto de conexiones sinápticas caracterizan cada una de ellas por un *peso sináptico*, de

manera que, conectan las neuronas de entradas con las neuronas de salidas de manera correcta para un dado patrón.

Este proceso de Potenciación a largo plazo (léase LTP) es el utilizado comúnmente para entrenar redes neuronales con ciertos patrones, a través de algoritmos de propagación hacia atrás (*back propagation*). Sin embargo, existen modelos de redes neuronales llamadas Potenciación a corto plazo (léase LTD), que funcionan de la manera opuesta a la LTP.

En cuanto a sus analogías, podemos observar las siguientes:

- Ambos codifican la información en impulsos digitales.
- Tanto el cerebro como la computadora tienen compuertas lógicas.
- Existen distintos tipos de memoria.

Por tanto, los modelos de redes neuronales son una herramienta importante para resolver problemas en el área de biofísica, entre otras. Por consiguiente, para nuestro estudio nos interesa construir redes neuronales *realistas* que imiten ciertas capacidades del cerebro como las sensoriales, las de aprendizaje y las relacionadas con la memoria, que yuxtaponen los mecanismos subyacentes a los patrones rítmicos que se detectan en el cerebro.

## 1.6. CONCLUSION

En este capítulo, se han detallado los estudios que conllevan al proceso de aprendizaje que representa en todo o en parte las características de las distintas variables que participan en él.

Destacándose el modelo teórico sistémico con aplicación del Test Gestáltico Visomotor de Bender – Koppitz, que permite evaluar la madurez perceptiva y el ajuste emocional sobre la base de un protocolo en relación al vínculo con el aprendizaje.

Nuestro trabajo se centrará, en la creación de un modelo matemático dinámico que conserva una estructura capaz de asociar los parámetros matemáticos a elementos biofísicos, permitiendo así la identificación de cada una de las partes que compone la red neuronal; enfatizándose que el aprendizaje de tareas en las que se encuentren implicados factores emocionales, depende fundamentalmente de influencias que activan la formación de la potenciación a largo plazo (LTP). Cuando se le presenta a la red un estímulo determinado tiene la capacidad de desencadenar modificaciones en la expresión de los genes de la neurona, que llegan a ser de largo alcance, tanto en magnitud como en duración, la cual posibilita que la misma *aprenda*. Esto viabiliza la evaluación de estrategias cognitivas, la cual será una información útil a los fines educativos, dado que nos muestra en cuales de ellas existen mejores niveles de logros.

## 1.7. REFERENCIAS

- [1] Aguilar L.A. (1999) Learning and Memory. *First International Congress on Neuropsychology*. Spain
- [2] Bender L. (2008) *Test Gestáltico visomotor (B.G.). Usos y aplicaciones clínicas*. Editorial Paidós (20° edición).
- [3] Bigge M. (1985) *Teorías de aprendizaje para maestros*. México: Trillas.
- [4] Chadwick C, Antoniejevic N. (1982). Estrategias cognitivas y metacognición, *Revista Tecnología Educativa*, 7(4): 307- 321.
- [5] Chialvo D.R., Bak P. (1999) Learning from Mistakes *Neuroscience - Vol. 90, No. 4: 1137–1148, Published by Elsevier Science Ltd*
- [6] Engel A. B. (1978) *Elementos de Biomatemática* - Universidad Estadual de Campinas – Brasil.
- [7] Forrester J. (1991) *System Dynamics and the Lesseons of 35 Years*. Chapter for the System Basic of Policy Making. Edited Kenyon B. De Greene. MIT Press.
- [8] Gazzaniga M.S. (2009) *The cognitive Neurosciences*. (4°Edition) Massachusetts Institute of Technology.
- [9] Good T L., Brophy J. E. (1990) *Educational psychology: A realistic approach*. (4th ed.).White Plains, NY. Longman.
- [10] Hebb D.O. (1949) *The organization of behavior: a neuropsychological theory*. Nueva York. John Wiley and Sons.
- [11] Hergerhahn B.R., Olson M.H. (1997) *Theories of Learning*. Editorial Prentice Hall. New York.
- [12] Kacero E. (2007) *Test Gestáltico Visomotor de Bender: Una “Puesta en Espacio” de Figuras*. Buenos Aires. Lugar Editorial (2° reimp.)
- [13] Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.H. (1999) *Neurociencia y conducta*. Editorial Prentice Hall – España.
- [14] Koppitz Munsterberg E. (2008) – *El Test Gestáltico Visomotor para Niños*. Editorial Guadalupe (15° edición).
- [15] Kovacs, Z. L. (1997) *O cérebro e a sua mente: uma introdução à neurociência computacional* - São Paulo: Acadêmica.
- [16] Kuno M. (1995) *Synapse: function, plasticity and neurotrophism*. Oxford University. New York.
- [17] Leahey T., Jackson R. (1997) *Aprendizaje y cognición*. México: Prentice Hall.
- [18] León Carrión J. (2002) Redes neuronales artificiales y la teoría neuropsicológica de Luria. *Revista Española de Neuropsicología* 4,2-3: 168-178.
- [19] Luria A. R. (1966) *Higher cortical functions in man*. Londres. Tavistock
- [20] Squire, L. (1987) *Memory and Brain*. Oxford University Press.
- [21] Schuman, L. (1996) *Perspectives on instruction*. [On-line]. Available: <http://edweb.sdsu.edu/courses/edtec540/Perspectives/Perspectives.html>