

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

*“Nunca he creído que podemos transformar el mundo, pero creo
que cada día es posible transformar las cosas”.*

Françoise Giroud

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Este capítulo resume las conclusiones obtenidas y las principales contribuciones recogidas en esta Tesis Doctoral. Asimismo, se recopilan además algunos de los resultados parciales de este trabajo que han sido divulgados en revistas científicas o congresos nacionales. Por último, se recogen también en esta parte algunas de las posibles líneas de investigación que han quedado abiertas y que se abordarán en trabajos futuros.

6.1. CONCLUSIONES GENERALES

El principal objetivo de este trabajo ha sido el de formular un modelo matemático del proceso de aprendizaje que toma en cuenta, tanto la vinculación memoria – aprendizaje como su actividad sensoriomotor. Se ha buscado que la estructura del modelo permita la identificación de las variables que componen el aprendizaje. Posteriormente se utiliza como herramienta en el protocolo de la aplicación del Test Gestáltico Visomotor de Bender - Koppitz, para el análisis del rendimiento escolar de los alumnos pertenecientes a establecimientos rurales que se hayan afectados de manera directa por los efectos de sustancias agroquímicas.

El modelo matemático de aprendizaje propuesto se describe mediante una ecuación diferencial ordinaria lineal de primer orden, que tiene como variable a $A(t)$, el aprendizaje con conocimiento ya adquirido para un tiempo t ,

y las constantes: A^* es la cantidad de aprendizaje máximo estimado que puede alcanzar el alumno, A_0 el aprendizaje con el que inicia el proceso en el tiempo determinado t_0 o sea el conocimiento previo y k la tasa de aprendizaje. Los resultados de la evaluación de este modelo matemático, fueron obtenidos utilizando herramientas de programas computacionales como EXCEL y SIGMAPLOT que permitieron obtener las resoluciones numéricas para dicho modelo. Además se han mostrado simulaciones de los comportamientos de aprendizaje, las cuales fueron programadas utilizando los programas de lenguaje MATLAB y C++, para obtener el proceso interactivo de ajuste de parámetros, y el simulador VENSIM 5.2 (empleado en Dinámica de Sistemas) para corroborar la respuesta de “*aciertos*” y “*errores*” en la reproducción de las figuras gestálticas, las cuales dan los indicadores de madurez visomotor y de ajuste emocional en relación al ambiente en que se desarrollan y a la manera en que cada alumno maneja la experiencia en tiempo y espacio; esto no sólo depende del desarrollo biológico alcanzado en el área visomotor, sino de todos los patrones de conducta que desarrolla.

De este análisis, se consideró nuestros resultados con los obtenidos por otros autores [2], [3], [6], [9], [12], en la que se establece una relación significativa tanto en el área visomotora como en el desarrollo de la adquisición de capacidades necesarias para el proceso de aprendizaje.

Por lo tanto, al realizar el modelo matemático se interpretó al aprendizaje como un sistema dinámico funcional, donde las variables que integran cada proceso cognitivo y comportamental resultan de la coordinación de un gran número de distintas componentes neuronales, cada uno burdamente localizado en diferentes regiones cerebrales, pero todos ellos trabajando juntos en interacción dinámica.

Para ello, ha sido necesario escoger un nivel de complejidad intermedio, combinando modelos de tipo *caja gris* que poseen una estructura básica fundamentada en la fenomenología del proceso y que permite asociar diferentes efectos a variables específicos del sistema. Tal es el caso de las neuronas, donde la facilitación de la transmisión sináptica es la base del aprendizaje y de la adquisición de memoria perceptiva y ejecutiva. Su mecanismo fue estudiado por Ramón y Cajal (1901), con descripciones muy aproximadas, como el modelo de red neuronal artificial de McCulloch-Pitts (1943), el de la actividad de aprendizaje por error de Chialvo et al (1999) [3] y el caso del cerebro humano en números de Herculano-Houzel (2009) [6].

Así el resultado obtenido del modelo matemático de red neuronal, es un modelo de tipo *caja gris*, que permite asociar las distintas variables que participan en la adquisición de capacidades sensoriomotor durante el proceso de aprendizaje (Figura 4.29), la que modifica sus valores ponderados en respuesta a la información de entrada. Los cambios que se producen durante el proceso de aprendizaje se reducen a la pérdida, modificación y creación de conexiones entre las neuronas. La creación de una nueva conexión implica

que el valor ponderado de la misma pasa a tener un valor distinto de cero; una conexión se destruye cuando su ponderación pasa a ser cero. El proceso de aprendizaje ha terminado (la red ha aprendido), cuando los valores de las ponderaciones permanecen estables. Un aspecto importante respecto al aprendizaje es conocer cómo se modifican los valores ponderados y cuáles son los criterios para cambiar el valor asignado a las conexiones cuando se pretende que la red aprenda una nueva información.

Por otro lado, para justificar la evolución del proceso de aprendizaje se utilizó como herramienta matemática el proceso de Markov, que permite predecir aproximadamente el comportamiento de un sistema bajo estudio en un periodo futuro, en base al conocimiento previo de sus comportamientos desde un tiempo inicial dado. Para ello se construyó una matriz de transición, la cual es cuadrada, del orden dado por el número de estados existentes, a partir de los resultados aportados por la aplicación del test de Bender. En este sentido el planteo fue a la inversa, conociendo el estado inicial y final de cada proceso se determinó la matriz de transición. Esta no es única, pues se define a partir de un sistema de ecuaciones lineales con más incógnitas que ecuaciones, por lo que se propuso definirla usando un criterio práctico utilizado en programación lineal.

Finalmente se destaca la importancia de la simulación de modelos matemáticos en Dinámica de Sistemas, pues requiere de la aplicación de

Ecuaciones funcionales discretas y continuas, conocidas como Ecuaciones en Diferencias y Ecuaciones Diferenciales respectivamente. Dentro de los modelos aplicados a distintas disciplinas, están aquellos que representan a fenómenos que expresan su resultado con un cierto tiempo de reacción respecto al momento de la acción con una marcada diferencia llamada *retardo*. En estos casos, se deben utilizar ecuaciones funcionales con retardo que permiten una mejor optimización en relación a las ecuaciones funcionales ordinarias, lo supera por su optimización que tiene un tiempo de retardo en su variable temporal, así surge la llamada *ecuaciones funcional con retardo*, que permiten modelar mejor el comportamiento de un objeto sometido a un fenómeno natural bajo cambios con efectos no instantáneos. [7]

De acuerdo a esta definición, se planteó el modelo matemático de aprendizaje con retardo (definido en el Capítulo IV) y su simulación dinámica tal como se muestran en las Figuras 5.4 y 5.5, respecto a la adquisición de capacidades de los alumnos al avanzar en grado de cursado en el sistema educativo, donde las variables que participan en el proceso de aprendizaje llevan a la optimización analítica como numérica de dicha ecuación diferencial con retardo. [8]

Del estudio del modelo matemático propuesto se han obtenido conocimientos muy favorables, a saber:

1. Que el aprendizaje y la memoria son dos procesos que están intrínsecamente relacionados y constituyen una serie de procesos biofísicos a niveles conductual, cognitivo y neuronal a través de los cuales el organismo maneja y elabora la información proporcionada por nuestros sentidos.
2. Que el tiempo es un factor primordial para el aprendizaje, nuestro sistema de memoria requiere de tiempo suficiente para procesar, analizar, relacionar, categorizar y almacenar la información y las experiencias permitiendo el desarrollo cognoscitivo, que es un elemento fundamental para el desarrollo evolutivo del ser humano y la construcción de su identidad.
3. Que se pueden reproducir con el modelo matemático situaciones relacionadas a la aplicación del Test de Bender – Koppitz, como un componente que aporta información sobre el nivel de madurez del niño en la percepción visomotor, que se haya influenciada por factores socio-culturales. Donde dicho test manifiesta que las dificultades en la copia de las figuras pueden ser debidas a inmadurez o mal funcionamiento de la percepción visual, de la coordinación motora o, en la mayoría de las veces, de la integración de ambas.
4. Que se identifican las distintas variables que participan en el proceso de aprendizaje, considerándose los conceptos biofísicos utilizados en cada caso para analizar la aplicabilidad y las limitaciones que presenta el modelo como consecuencia del empleo de agroquímicos en el entorno de

los establecimientos rurales, que afectan de manera directa y/o indirectamente el desempeño escolar del alumno.

Dado el conocimiento que se ha generado en este trabajo, y para aprovecharlo en la interpretación del comportamiento normal y/o patológico del proceso de aprendizaje, sería muy útil incluir posteriormente en el modelo matemático las consecuencias que produce el indicador neurológico. Permitiendo sintetizar el conocimiento generado en el estudio de sensibilidad para reproducir comportamientos anormales en el cerebro; o definir cambios paramétricos necesarios para simular los efectos de combinaciones de diferentes drogas que estimulan el aprendizaje, por ejemplo.

6.2. PERSPECTIVAS

El modelo matemático del proceso de aprendizaje desarrollado en este trabajo es un nuevo resultado de lo planteado por Mochon S. (2000) [11] y Bassanezi R.C. (2002) [1], donde establecen relaciones entre las diversas variables involucradas, haciendo posible evaluar la capacidad de aprendizaje que resulta como consecuencia de la asociación mecánica entre estímulo – respuesta. Esta relación se manifiesta en el niño con un cierto orden y constancia facilitando las conductas de aprendizaje, la retención y consolidación de la tarea aprendida.

Esto es esencial para entender el sistema de procesamiento de la información, que tiene características de funcionamiento comunes con las

redes neuronales biológicas y las variaciones de los potenciales. Estas influyen en la conectividad del cerebro, el cual cambia continuamente, conforme el organismo aprende cosas nuevas creándose asociaciones neuronales con estos cambios. Más aun, el uso de sustancias agroquímicas en zonas rurales producen trastornos del aprendizaje, conducta y desarrollo en los niños, que son el resultado de complejas interacciones entre factores ambientales (físicos, químicos y biológicos) durante los períodos vulnerables de su desarrollo.

Sin embargo, se debe resaltar la propuesta realizada al plantear el modelo matemático de aprendizaje con retardo, donde no se encontró información al respecto en la literatura consultada. Por lo tanto, esto nos llevo a analizar los mecanismos que influyen durante el proceso de aprendizaje al considerar retrasos temporales, los que son generados cuando el alumno presenta un retraso en el sistema educativo, es decir tiene una edad cronológica avanzada en relación al grado de cursado. Esto lleva al alumno a adquirir cierta cantidad de capacidades respecto al tiempo de retraso, dependiendo de la estimulación que recibe para avanzar en su aprendizaje.

Si bien diversas cuestiones quedan abiertas, me propongo seguir trabajando en el futuro, sobre el modelo matemático de aprendizaje con retardo considerando otras variables que se pondrían en juego en dicho proceso. Esta línea de investigación ofrece la posibilidad de extender el campo del conocimiento de las habilidades cognitivas aplicada a procesos biofísicos.

6.3. REFERENCIAS

- [1] Bassanezi R.C. (2002) *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. Editoria Contexto São Paulo- p.132. ISBN 85-7244-207-3.
- [2] Carreras M.A., Stover J.B., Landgraf J & Casela L (2008) Evaluación de la madurez visomotora y conceptual en una muestra de niños escolarizados de Buenos Aires. *XV Jornadas de investigación y Cuarto Encuentro de investigadores en psicología del Mercosur. Facultad de Psicología. UBA. Buenos Aires.*
- [3] Chialvo D.R., Bak P. (1999) Learning from Mistakes. *Neuroscience Vol. 90, No. 4: 1137– 1148, Published by Elsevier Science Ltd*
- [4] McCulloch W.S., Pitts W.H. (1943) A logical calculus of ideas immanent in nervous activity, *Bull. Math. Biophys.* 5: 115-33.
- [5] Gazzaniga M.S. (2009) *The Cognitive Neurosciences*. Fourth Edition. England: Massachusetts Institute of Technology.
- [6] Herculano-Houzel S. (2009) The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Review Article: Frontiers in Human Neuroscience.* www.frontiersin.org
- [7] Liz E. (2006). Sobre ecuaciones diferenciales con retraso, dinámica de poblaciones y números primos *Materials Matemáticas. Vol.2006, Treball N° 17, p. 24. ISSN: 1887-1097. Universitat Autònoma de Barcelona.* www.mat.uab.cat/matmat.
- [8] Navarro S.I. Juarez G.A., Sibona G. J., Quevedo G.V. (2012) Simulación Dinámica con retardo del proceso de adquisición de capacidades sensoriomotriz. *Revista Electrónica Iberoamericana Educación en Ciencias y Tecnología. Vol.2: 177 – 191, ISSN 1852-852X.* www.exactas.unca.edu.ar
- [9] Nieva V., Barrinuevo M., Quevedo G., Soria E. (2010) Resultados obtenidos mediante la aplicación del test de Bender en alumnos de las Escuelas N° 274, N° 8 y N° 297 del Departamento Santa Rosa, Catamarca. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología. Volumen 2, Número 2: 69 – 87* www.exactas.unca.edu.ar
- [10] Nivia E. (2003) Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. *Copyright 1996 - 2015, Fundación Multimedia Ambiente Ecológico - MAE. ISSN 1668-3358* www.ambiente.org.ar / info@ambiente.org.ar
- [11] Mochon S. (2000) *Cuadernos Didácticos: Modelos Matemáticos para todos los niveles*. Vol. 9: 33. México. Grupo Editorial Iberoamericano.
- [12] Pelorosso A. & Etchevers, M. (2004). Baremos de Test Gestáltico Visomotor. *Revista Investigaciones en Psicología, 9(3): 1-16.*
- [13] Ramón y Cajal, S. (1923) *Recuerdos de mi Vida*. Madrid: Pueyo.