

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**Evaluación de dos software educativos inteligentes vigentes para la enseñanza de lectura en niños en edad escolar primaria con dislexia evolutiva**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INTEGRACIÓN E INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**AUTOR**

**Ing. Rony Cueva Moscoso**

**ASESORA**

**Mg. Giannina Bustamante Oliva**

Junio, 2018

## Resumen

La tesis presentada tiene como objetivo principal la comparación de dos sistemas educativos inteligentes aplicados al aprendizaje de la lectura en niños del nivel educación primaria de habla hispana, con el fin de verificar que las tecnologías de la información puedan aplicarse con éxito en la educación, especialmente como apoyo a dificultades de aprendizaje como la dislexia. Dentro de las diferentes herramientas que presentan las tecnologías de la información, la investigación se centra en los métodos de inteligencia artificial aplicados a la enseñanza de la lectura esto, debido a que son confiables y de mucha aplicación en el campo educativo. Considerando que la inteligencia artificial nos presenta diversos algoritmos y técnicas, nos vamos a centrar en aquellos, que en la actualidad están siendo utilizados con éxito en la dislexia de niños de educación primaria. Para este fin se ha realizado una revisión de artículos y publicaciones especializadas, considerando las características más importantes que poseen los sistemas inteligentes y su aplicación a las principales variables que tiene esta dificultad de aprendizaje.

Con el fin de realizar esta revisión se propone una comparación cualitativa y cuantitativa de los dos sistemas de información educativos. Para validar que estos software seleccionados tienen una aplicación correcta en la enseñanza de la lectura, se consideró llevar a cabo entrevistas semiestructuradas con especialistas en la materia, de esta forma se pudo verificar las características reales que son necesarias en cualquier herramienta aplicada a la enseñanza de lectura en niños de educación primaria con dislexia. Con la información obtenida, finalmente ha sido posible determinar la técnica de inteligencia artificial que es más apropiada y aplicable para apoyar a los alumnos con esta dificultad, ya que el diseño algorítmico que las respalda se adapta de forma adecuada a las características necesarias de un software educativo que ayude a brindar soporte al aprendizaje lector ante las deficiencias propias de la dislexia.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	I
Tabla de Contenido .....	II
Lista de Tablas .....	III
Lista de Figuras.....	IV
Introducción.....	1
Planteamiento del problema .....	1
Objetivos de la tesis .....	2
Metodología de la investigación .....	3
Definición de las técnicas para lograr los objetivos de la tesis .....	3
CAPÍTULO 1 .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Dificultades en el Aprendizaje.....	5
1.2. Dislexia .....	7
1.2.1. Disgrafía.....	9
1.2.2. Discalculia.....	9
1.2.3. Tipos y causas de la dislexia .....	11
1.3. Detección temprana de la dislexia .....	13
1.4. Educación en la lectura y escritura para niños con dislexia.....	16
1.5. Sistema de Información .....	18
1.6. Inteligencia artificial.....	20
1.7. Técnicas de la Inteligencia artificial.....	21
1.7.1. Búsqueda de soluciones.....	23
1.7.2. Representación del conocimiento .....	23
1.7.3. Reconocimiento de patrones .....	24
1.7.4. Procesamiento del lenguaje natural .....	25
1.7.5. Redes neuronales.....	25
1.7.6. Algoritmos genéticos.....	26
1.7.6.1. Componentes de los algoritmos genéticos.....	27
1.7.6.2. La población inicial.....	28
1.7.6.3. La función fitness .....	29
1.7.6.4. Selección natural y medida de la adaptabilidad .....	29
1.7.6.5. Operador de casamiento .....	30
1.7.6.6. Operador de mutación.....	31
1.7.6.7. Operador de inversión .....	31
1.7.6.8. Ventajas del uso de los Algoritmos Genéticos .....	32
1.7.7. Sistemas expertos .....	32
1.7.8. Aprendizaje Automatizado o Máquina .....	37
1.8. Sistemas de Información Inteligentes.....	40
1.8.1. Sistemas basados en el conocimiento .....	42
1.8.2. Sistemas Neuronales Artificiales .....	45
1.8.3. Sistemas Evolutivos.....	47
1.9. Sistemas aplicados a niños con dislexia .....	49
1.9.1. Dyetective y Dyetective U .....	50
1.9.2. JollyMate .....	51

1.9.3.	<i>Supervising classrooms comprising children with dyslexia and other learning problems</i>	53
1.9.4.	<i>Aplicativo Multimedia Interactivo Integral Mi Día</i>	56
1.9.5.	<i>Eye tracking software "Tobii Studio 3.0"</i>	58
1.9.6.	<i>SMI iView 2K</i>	60
1.9.7.	<i>Soluciones de Ocide Asesores</i>	62
CAPÍTULO 2		65
DISEÑO METODOLÓGICO		65
1.10.	Procedimientos para la validación de los instrumentos	66
1.11.	Entrevista	69
1.11.1.	Preparación de la entrevista	69
1.11.2.	Preguntas de la entrevista	70
1.11.3.	Presentación de la entrevista	75
1.11.4.	Validación de la entrevista	78
1.12.	Revisión bibliográfica de documentos referidos a sistemas propuestos	78
1.12.1.	Enfoque existente al problema propuesto	78
1.12.2.	Selección de Sistemas de informaciones inteligentes	81
1.12.3.	Validación de la matriz de comparación	83
2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	83
2.1.	Aplicación de la entrevista	83
2.2.	Análisis de información de la entrevista	86
2.3.	Comparación Cualitativa	91
2.4.	Comparación Cuantitativa	93
2.5.	Resultados de la comparación de los Sistemas de informaciones inteligentes	94
Conclusiones		97
Recomendaciones		99
Referencias		100

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Características de los Sistemas Inteligentes	41
<b>Tabla 2.</b>	Ejemplo de Matriz de Coherencia	66
<b>Tabla 3.</b>	Ejemplo de Matriz de Preguntas	67
<b>Tabla 4.</b>	Relación de objetivos, variables y preguntas para la entrevista a docentes	71
<b>Tabla 5.</b>	Relación de objetivos, variables y preguntas para la entrevista a padres de familia	73
<b>Tabla 6.</b>	Sistemas inteligentes a ser comparados	82
<b>Tabla 7.</b>	Respuestas de la entrevista a docentes	84
<b>Tabla 8.</b>	Revisión de los resultados de la entrevista a los docentes	86
<b>Tabla 9.</b>	Resumen de análisis de los sistemas inteligentes	94
<b>Tabla 10.</b>	Escala de puntajes	96

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Zonas del cerebro empleadas por un lector de dislexia .....	12
<b>Figura 2.</b> Técnicas de la Inteligencia Artificial .....	22
<b>Figura 3.</b> Proceso de Casamiento.....	30
<b>Figura 4.</b> Proceso de Mutación .....	31
<b>Figura 5.</b> Estructura de un Sistema Experto.....	33
<b>Figura 6.</b> Sistema de Inteligencia Artificial.....	38
<b>Figura 7.</b> Arquitectura del Software.....	41
<b>Figura 8.</b> Arquitectura del Software.....	42
<b>Figura 9.</b> Neurona Biológica.....	45
<b>Figura 10.</b> Sistema Evolutivo .....	48
<b>Figura 11.</b> Representación del algoritmo genético propuesto por Holland en 1975 .....	49
<b>Figura 12.</b> Pantalla de Aplicación Dydetective U .....	51
<b>Figura 13.</b> Cuaderno de tareas.....	52
<b>Figura 14.</b> Ingreso y selección de forma de trabajo.....	55
<b>Figura 15.</b> Pantalla de selección de categorías de pruebas .....	55
<b>Figura 16.</b> Selección de alumnos y test.....	56
<b>Figura 17.</b> Seguimiento de un grupo de alumnos .....	56
<b>Figura 18.</b> Pantalla de aplicación Mi Día.....	57
<b>Figura 19.</b> Pantalla de aplicación Mi Día .....	58
<b>Figura 20.</b> Lentes Eye Tracking.....	59
<b>Figura 21.</b> Eye Tracking utilizando Tobii Studio .....	59
<b>Figura 22.</b> Movimientos de lectura de un disléxico .....	60
<b>Figura 23.</b> Equipo SMI iView 2K .....	61
<b>Figura 24.</b> Pantalla de inicio de SICOLE-R.....	63

## **Introducción**

El tema elegido es *Evaluación de software inteligentes aplicados a la enseñanza de lectura en niños en educación escolar con dislexia*. Este pertenece a la línea de investigación *Aprendizaje potenciado o mejorado por la tecnología* y la sublínea de investigación *Uso e impacto de recursos tecnológicos en el desarrollo de capacidades curriculares*, específicamente en Aplicaciones y Software.

Para esta tesis se ha elegido como tema la investigación de los Sistemas educativos inteligentes aplicados a la enseñanza de lectura para niños hispanohablantes con dislexia. Uno de los puntos definidos para el desarrollo es el tipo de aplicativos a considerar, seleccionando hasta ahora Sistemas de Información inteligente (Raimundo, 2005). Estos sistemas comprenden software educativo que a su vez, constituyen una rama de las ciencias computacionales consistentes en sistemas basados en computadoras que apuntan a emular el comportamiento humano. Tal como lo sostienen Laudon y Laudon (2012).

Otro punto importante a considerar es el tipo de dificultad sobre la cual se aplicará la investigación, en este caso, la dislexia. Se ha escogido este problema del lenguaje debido a que las TIC son de mucha utilidad para su detección y terapia (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013). De igual modo se especificó como ámbito la enseñanza de lectura, ya que al ser un problema que afecta principalmente el lenguaje, existe mayor número de investigaciones y soluciones aplicadas a esta dificultad. Es importante recalcar que esta tesis solo se enfocará en niños hispanohablantes ya que el aspecto fonológico es diferente en cada idioma.

### **Planteamiento del problema**

La dislexia es uno de los problemas de aprendizaje, que en la actualidad afecta del 10% al 15% de la población escolar mundial y del Perú, manifestándose en dificultad para la lectura, escritura, orientación espacial y temporal, cálculo y lógica matemática (Disfam, 2015). La necesidad de ayudar a esta población infantil es muy importante, tanto para padres como para educadores.

Desde inicios de los años noventa se han venido desarrollando diferentes herramientas apoyadas en las tecnologías de la información, con el fin de diagnosticar

y ayudar en el aprendizaje a niños en educación primaria, que padecen esta dificultad, obteniéndose buenos resultados. Estas herramientas han ido evolucionando desde aplicaciones audiovisuales, sistemas de información, sistemas expertos, algoritmos inteligentes, etc. El uso de algoritmos o sistemas expertos inmersos brinda a los sistemas de información la mención de inteligentes, ya que emplean soluciones basadas en inteligencia artificial de la rama técnica. Según el contexto mencionado, se puede proponer la siguiente pregunta de investigación: **¿Qué factores de los sistemas inteligentes favorecen el aprendizaje de la lectura en niños del nivel primaria que presentan dislexia?**

A la pregunta planteada podemos responder mediante la investigación de las principales características que presenta esta dificultad del aprendizaje, especialmente en la lectura. Según estas particularidades será viable revisar qué detalles deben presentar los sistemas o software inteligentes para apoyar al aprendizaje y en qué dificultades de la lectura es realmente aplicable esta alternativa. Una de las fuentes de información que se empleará para este análisis será realizar entrevistas a docentes de CPAL (Centro Peruano de Audición, Lenguaje y Aprendizaje), ya que este centro brinda terapia a niños con dislexia en el Perú. Paralelamente a la información mencionada se realizará un análisis documental de los dos diferentes tipos de sistemas inteligentes aplicados a este problema del aprendizaje, que son los sistemas expertos y las redes neuronales.

### **Objetivos de la tesis**

Son objetivos de esta investigación:

#### **Objetivo General:**

- Comparar dos sistemas educativos inteligentes vigentes aplicados a la enseñanza de lectura para niños de nivel primario con dislexia.

#### **Objetivos Específicos:**

- Precisar qué características presentan los sistemas de información inteligente que resulten eficaces para la enseñanza de la lectura a niños con dislexia.
- Verificar qué dificultades del aprendizaje de la lectura pueden compensar los sistemas de información inteligentes.

- Desarrollar una comparación de los dos principales sistemas inteligentes que ayuden a la terapia de la dislexia de acuerdo a sus características pedagógicas y tecnológicas.

### **Metodología de la investigación**

Los puntos importantes de la metodología son el enfoque, la población, el nivel, el tipo y las variables a considerarse. De acuerdo al tema elegido necesitamos una metodología que nos permita lo siguiente:

- El conocimiento de fenómenos complejos. En este caso conocer características del aprendizaje de lectura en niños con dislexia.
- Orientarse al conocimiento de la naturaleza de un grupo social. Para nuestro caso el grupo social estará definido por los niños con dislexia, sus padres y profesores.
- El análisis de fenómenos subjetivos, como es la satisfacción de los docentes, padres y estudiantes ante el uso de un software como herramienta de apoyo en el aprendizaje.
- El estudio de grupos amplios. En nuestro caso tenemos una diversidad muy grande de herramientas de software para apoyar el aprendizaje de niños con dislexia aplicada en diferentes países e instituciones.

De acuerdo a las temáticas mencionadas, esta investigación se centrará en el análisis de artículos y manuales de software aplicado a la dislexia, ya que aportan con información importante sobre los algoritmos de inteligencia artificial implementados, las estrategias pedagógicas utilizadas y las principales deficiencias a las que brindan apoyo. Desde luego, en estos documentos también encontramos los resultados del uso del software aplicado a la dislexia en diversas poblaciones.

### **Definición de las técnicas para lograr los objetivos de la tesis**

Para lograr el objetivo general se trabajará cada uno de los objetivos específicos:

- Primer Objetivo: Se empleará la técnica de recojo de datos directa, desarrollando un inventario de las principales características que tienen los sistemas inteligentes que apoyan en la lectura a niños del nivel primario con dislexia. Se elaborará una lista para seleccionar las características que tendrán los sistemas a comparar.



- Segundo Objetivo: Se empleará la técnica de recojo de datos directa, desarrollando un inventario de las principales dificultades que pueden abordar los sistemas inteligentes para ayudar al aprendizaje de la lectura (Callejo, 2002).
- Tercer Objetivo: Análisis de datos donde se observará con detalle el contenido de los documentos, mediante los siguientes pasos (Mucchielli, 1998):
  - o Elaboración de un inventario.
  - o Búsqueda de información dentro de los documentos.
  - o Interpretar el sentido de la información encontrada.

Con el fin de conocer los principales conceptos y métodos aplicados a la educación de niños con dislexia se desarrollará el marco teórico de esta investigación.

## **CAPÍTULO 1**

### **MARCO TEÓRICO**

En este marco teórico se realizará una revisión de los principales conceptos y definiciones empleados en esta investigación. Por tanto se ha desarrollado un esquema con dos partes bien definidas, la primera enfocada en el problema de la dislexia que inicia con las dificultades del aprendizaje, luego dificultades de la lectura, para abordar directamente la dislexia y finalmente mostrar un procedimiento para la enseñanza de lectura a niños con este problema. La segunda parte se enfoca en los sistemas inteligentes, partiendo desde el concepto de la inteligencia artificial, luego abordando los sistemas inteligentes y su clasificación, para finalmente desarrollar con mayor profundidad algunos de aquellos que deseamos revisar en esta investigación como son los sistemas expertos y los sistemas evolutivos, en el caso de estos últimos, especialmente los algoritmos genéticos.

#### **1.1. Dificultades en el Aprendizaje**

La expresión dificultades en el aprendizaje (en adelante DA) es un término general que hace referencia a un grupo diverso de alteraciones que se manifiestan en dificultades en la adquisición y uso de habilidades de escucha, habla, lectura, escritura, razonamiento o habilidades matemáticas. Estas dificultades son propias del individuo, debido a alteraciones de su sistema nervioso central y pueden acompañarlo durante toda la vida (Páez, 2013, p.1).

En este mismo contexto una dificultad específica del aprendizaje, es un trastorno en una o más áreas que afecta los procesos psicológicos básicos, como son: la comprensión, el habla o la escritura, que se manifiesta por una incapacidad para escuchar, hablar, leer, escribir y realizar operaciones aritméticas. El término incluye: dificultades perceptuales; lesiones cerebrales; disfunciones cerebrales mínimas; dislexia y afasia. Finalmente no incluye a niños que tienen dificultades de aprendizaje como resultado de otros trastornos visuales, auditivos o motores, tampoco los casos de retraso mental y trastornos emocionales. Según este contexto es posible presentar las siguientes

definiciones sobre dificultades en el aprendizaje:

Una dificultad en el aprendizaje se refiere a una alteración o retraso en el desarrollo en uno o más de los procesos del lenguaje, habla, deletreo, escritura, o aritmética que se produce por una disfunción cerebral y/o trastorno emocional o conductual y no por un retraso mental, privación sensorial o factores culturales o instruccionales (Páez, 2013, p.1).

Otra definición que podemos mencionar nos dice:

Las dificultades del aprendizaje mencionadas, las relacionadas al lenguaje tanto oral como escrito, son las que tienen mayor impacto en el ser humano, ya que el lenguaje oral es el instrumento principal para la comunicación y la lectura es la herramienta que permite el procesamiento del lenguaje escrito, ambos son corresponsables del avance de la sociedad y del individuo, además tienen presencia e importancia en la vida cotidiana en nuestra sociedad (Serrano y Defior, 2004).

De igual forma, podemos mencionar que las dificultades en el aprendizaje de lectura en el niño, producen problemas en su desarrollo escolar, lo cual es muy recurrente para menores que tienen como diagnóstico dificultades de adaptación. Los menores que no pueden leer o que tienen dificultad en la lectura tienen una alta probabilidad de fracasar en las materias escolares, además no pueden desarrollarse normalmente en un medio que les exige leer diferente tipo de información, ya que se ven impedidos de crecer desde un punto de vista intelectual, social y emocional (Celdrán y Zamora, 2006).

Según Celdrán y Zamora (2006) las dificultades de la lectoescritura más importantes son las siguientes:

- a. Retraso Lector: es una deficiencia en el desarrollo, debido a la demora en adquirir ciertas habilidades que se necesitan para leer y escribir.
- b. Dislexia: es definida por la Federación Mundial de Neurología, como un trastorno que se manifiesta en dificultades en el aprendizaje de la

lectura a través de los medios convencionales de instrucción, a pesar de que la persona cuente con un nivel normal de inteligencia y las adecuadas oportunidades sociales y culturales.

- c. Disortografía: se define así al grupo de errores de escritura, que afectan a la palabra y no a su trazado o grafía. La disortografía se centra en transcribir código lingüístico hablado o escrito mediante el uso de grafemas o letras correspondientes, pero la correspondencia y las reglas ortográficas no son tan claras.
- d. Disgrafía: es un trastorno de tipo funcional que produce dificultades en la escritura, en lo que corresponde al trazado o la grafía. Distintos autores, han definido el control del grafismo como un acto neuro-perceptivo-motor.

En la actualidad hasta el 15 a 20% de la población en general tienen algunos de los síntomas de la dislexia, como lectura lenta o inexacta, mala ortografía, mala escritura o mezcla de palabras similares. No todos estos rasgos califican para una educación especial, pero es probable que las personas que las padecen luchan con muchos aspectos del aprendizaje académico. La dislexia ocurre en personas de todos los niveles socioeconómicos e intelectuales (DyslexiaBasics, 2017). Por estos motivos una de las dificultades del aprendizaje de la escritura más conocidas y difundidas es la dislexia (Condemarín y Blomquist, 1990), que revisaremos con mayor detalle en el subtítulo siguiente.

## **1.2. Dislexia**

A continuación vamos a mencionar algunos conceptos sobre la dislexia:

Según la Asociación Andaluza de Dislexia, “la dislexia, es una dificultad de aprendizaje que se manifiesta en dificultades de acceso al léxico, y puede estar causada por una combinación de déficit en el procesamiento fonológico, auditivo, y/o visual” (Asandis, 2010, p.7).

Según María del Carmen Angulo de la Junta de Andalucía, “se llama dislexia a la incapacidad de origen neurobiológico que presentan

algunas personas para leer y escribir correctamente, sin tener por otro lado, una discapacidad intelectual, motriz, visual o en cualquier otro ámbito que explique mejor dicho trastorno” (Angulo, 2010, p.8).

Según la Asociación Internacional de Dislexia, “es una discapacidad de aprendizaje del lenguaje. Que se refiere a un grupo de síntomas en personas, que tienen dificultades con habilidades lingüísticas específicas, en particular la lectura” (DyslexiaBasics, 2017, p.1).

Según la Asociación de Familia y Dislexia (DISFAM) y mencionado por Alvarado et al. (2007) “dislexia hace referencia a un trastorno que se manifiesta por la dificultad para el aprendizaje de la lectura aunque tenga una educación convencional, una inteligencia adecuada y oportunidades socioculturales. Depende fundamentalmente de alteraciones cognitivas cuyo origen es frecuentemente constitucional” (Alvarado et al., 2007, p.2).

Como podemos observar, el concepto de dislexia se aplica a la dificultad de las personas para aprender a leer, en individuos que tienen un grado de inteligencia normal y no presentan problemas físicos visuales o auditivos. De igual forma, el término dislexia forma parte de una extensa clasificación de dificultades específicas del aprendizaje (DEA) definidas como una alteración de en uno o más de los procesos básicos que como son la comprensión oral y escrita del lenguaje. Los problemas pueden presentarse en distintas áreas como son: habla, lectura, escritura, pensamiento o dificultad para manejar signos matemáticos. Estas dificultades se presentan en personas con un desarrollo intelectual normal o alto, y que además no sufren de alteraciones sensoriales o perceptibles, que reciben o han recibido una instrucción apropiada (Alvarado et al., 2007).

Asimismo, la dislexia suele acompañarse de diferentes problemas como: deficiencia de la memoria de trabajo, deficiencia en el conocimiento sintáctico, y problemas de velocidad de procesamiento. Los niños en edad escolar que sufren estos problemas presentan dificultades de precisión como de velocidad en la lectura. Para reducirlos es adecuado esforzar y centrar la atención del niño en operaciones cognitivas mecánicas de la lectura, como es la

decodificación de letras y palabras. Aunque no es parte de esta investigación, la escritura de los niños también puede verse afectada, mostrando un alto número de errores ortográficos. En algunos casos también pueden presentarse dificultades específicas de la comprensión lectora conocidas como problemas hiperléxicos, lo que significa que los lectores son capaces de realizar una lectura fluida pero no pueden aprender lo que leen. De igual forma no son capaces de comprender un texto más allá de una interpretación literal; en otras palabras, les cuesta mucho sacar conclusiones o realizar deducciones a partir de lo leído (Asandis, 2010).

Otras dificultades del aprendizaje o variantes de la dislexia según Asandis (2010) son las siguientes:

### **1.2.1. Disgrafía**

Es una dificultad específica que dificulta el aprendizaje correcto de la escritura. También puede referirse a dificultades basadas en la ortografía, o a problemas para lograr una caligrafía legible. El primer caso hace referencia a una disgrafía disléxica, y el segundo caso se trata de una disgrafía caligráfica. Otros tipos de problemas hacen referencia a problemas para redactar correctamente, lo que resulta en textos mal estructurados y complicados de comprender (Asandis, 2010).

### **1.2.2. Discalculia**

Este concepto hace referencia a la alteración de la capacidad para realizar cálculos y, considerando un sentido más amplio, se aplica a cualquier problema en el manejo de los números. Es importante mencionar que las dificultades para el aprendizaje de las matemáticas incluyen otros campos, como el uso del lenguaje matemático, uso de gráficos, interpretación de los enunciados de los problemas, o conceptos relacionados con la geometría (Asandis, 2010).

Según estudios realizados por el Centro Peruano de Audición, Lenguaje y Aprendizaje o CPAL (2015) uno de cada diez niños presenta dificultades del aprendizaje, lo que corresponde entre el 5% al 10% de escolares en el país, siendo las dificultades más frecuentes la dislexia, la disgrafía y la discalculia.

Usualmente, las dificultades del aprendizaje se hacen evidentes a inicios de la edad escolar, pero pueden manifestarse hasta que las necesidades académicas superan las capacidades de los alumnos, dependiendo mucho de la dificultad que presente el niño. Lo más adecuado es la identificación del problema a edad temprana para brindarles una terapia rápida y evitar que sus efectos puedan seguir aumentando (CPAL, 2015). Con esta finalidad es adecuado reconocer los síntomas que presenta el niño desde el jardín de infancia y la etapa preescolar. Según Etchepareborda (2002) los síntomas más comunes son:

- Retraso en el habla
- Inmadurez fonológica
- Incapacidad de rimar a los cuatro años de edad
- Pronunciadas alergias y graves reacciones a las enfermedades infantiles, en grado más intenso que la mayoría de los niños
- Imposibilidad de atarse los cordones
- Confundir derecha e izquierda, abajo y arriba, antes y después, atrás y adelante (palabras y conceptos direccionales)
- Falta de dominio manual (invertir tareas que se realizan con la mano derecha y la izquierda, entre una tarea y otra, o bien dentro de la misma)
- Dificultad para realizar juegos sencillos que apunten a la conciencia fonológica
- Dificultad para aprender nombres de letras o sonidos del alfabeto
- Antecedente de dislexia o de trastorno por déficit de atención (TDA)

Los niños en edad escolar con dislexia presentan problemas en la lectura respecto al sentido del ritmo, lo que incluye problemas de velocidad en la lectura, además considera la duración y manejo del tiempo. Esta deficiencia también abarca la intensidad, entonación, cadencia, acento y melodía del habla. La deficiencia en la percepción rítmica de las frases puede originar una lectura lenta, con falta de ritmo, sin modulación, de una cadencia mecánica y sin una comprensión de lo leído. La deficiencia de esta capacidad lectora origina los siguientes problemas: errores en el ordenamiento de las letras que componen las palabras, errores en la acentuación, errores en la separación de las palabras al momento de escribir y si el problema es más grave, puede originar errores en la construcción gramatical de las oraciones, frases y

problemas en la redacción de textos (Etchepareborda, 2002).

El conocer estas deficiencias es importante para definir la terapia adecuada para cada una de ellas, especialmente cuando el fin de esta tesis es saber si los sistemas educativos pueden ayudar a los alumnos a mejorar o superar estos errores frecuentes. A continuación, mencionaremos las causas que originan la dislexia.

### **1.2.3. Tipos y causas de la dislexia**

Según menciona Perez de Arrilucea (2014) en diversos estudios se definen principalmente dos tipos de dislexia:

- La dislexia adquirida: es aquella que sobreviene tras una lesión cerebral concreta. Se puede dar en adultos como en niños y provoca una dificultad en la normalidad de las habilidades de lectura o aspectos relacionados con ella.
- La dislexia evolutiva es la que se presenta en niños durante su desarrollo, y de forma inherente presenta diversas dificultades para lograr una correcta lectura, sin una causa que lo explique.

Dentro de estos dos tipos de dislexia se puede diferenciar otros tres tipos de clasificaciones de acuerdo a los síntomas que predominan en la persona. Estos se dividen en los siguientes:

- **Dislexia fonológica:** también denominada indirecta. Este tipo de dislexia dificulta la lectura de palabras largas e imposibilita la lectura de pseudopalabras, originando que las personas lean palabras que no están escritas o consideradas en el texto.
- **Dislexia superficial:** consiste en un mal funcionamiento de la ruta visual léxica, también es conocida como dislexia directa, es decir el individuo no tiene problemas con la lectura de palabras regulares, ya que no tiene una alteración de grafemas o fonemas, pero sí al momento de leer palabras irregulares, donde usualmente caerá en

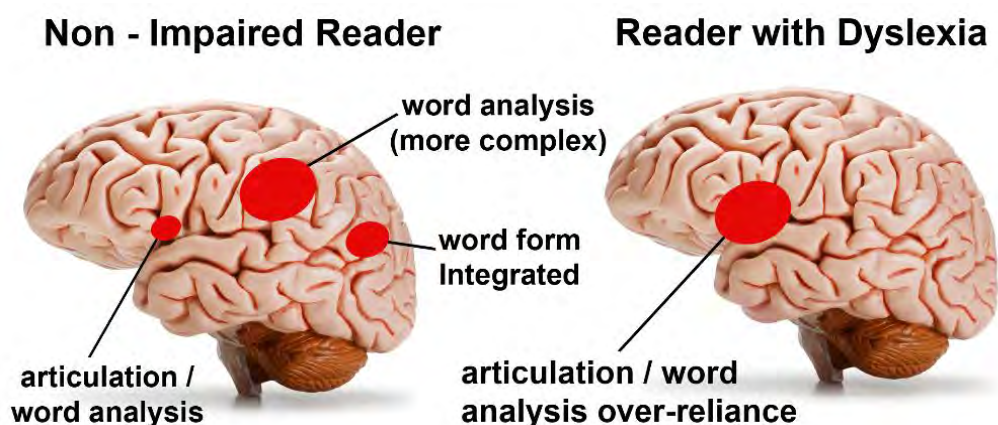


omisiones, adiciones y/o reemplazos de letras o palabras.

- Dislexia profunda: conocida como mixta ya que presenta los síntomas de la dislexia superficial y la fonológica, originando así errores semánticos en la lectura. Quienes tienen este tipo de dislexia leen una palabra por otra que no tienen parecido visual pero sí parecido semántico. Además presentan dificultades para la lectura de pseudopalabras, verbos y términos poco frecuentes (Perez de Arrilucea, 2014).

En la actualidad se reconoce que existen factores hereditarios que predisponen a padecer dislexia. Aunque las causas no están plenamente confirmadas se sabe que las personas con dislexia tienen ciertas anomalías neurológicas en el cerebro. De igual forma se ha logrado comprobar que las personas con dislexia no emplean las mismas partes o zonas del cerebro que las personas que no tienen dislexia (Angulo, 2010). Las investigaciones de imágenes cerebrales muestran que los lectores que sufren de dislexia, tienen menos circuitos lógicos de lectura y además en lugares equivocados. Esto hace que la lectura sea laboriosa y demasiado lenta para una buena comprensión. En la figura 1 se puede observar la diferencia entre las zonas que utiliza una persona normal y una persona con dislexia (Vaudrin, 2016).

**Figura 1.** Zonas del cerebro empleadas por un lector de dislexia



Fuente:Vaudrin (2016)

Sin embargo, aún no hay una precisión sobre los factores que están implicados en este trastorno, como pueden ser causas genéticas, dificultades en el embarazo o en el parto, lesiones cerebrales, problemas emocionales, déficit espacio-temporal o problemas en cuanto a la orientación secuencial, de percepción visual o dificultades adaptativas en la escuela.

Finalmente en el ámbito de la psicolingüística, se ha observado que uno de los déficits principales de las personas con dislexia, especialmente en los niños pequeños, es una baja conciencia fonológica. Los alumnos con poca conciencia fonológica son incapaces de comprender que un sonido o fonema está representado por un signo gráfico o grafema, que si además se le combina con otros, es posible formar unidades sonoras y escritas que le permitan construir palabras, que desde luego posee un determinado significado (Angulo, 2010).

### **1.3. Detección temprana de la dislexia**

Debemos recordar que la dislexia no es una enfermedad. Por lo cual no es tratada ni diagnosticada por médicos. Entonces, nos encontramos ante una dificultad de aprendizaje. Por tal motivo como indicamos al inicio del párrafo no se detecta mediante pruebas médicas. Esta dificultad se detecta con la ayuda de profesionales en la materia como es el caso de los pedagogos, quienes emplean diversas pruebas basadas en diversos cuestionarios o test. Por este motivo, se le califica como una dificultad *invisible* (Disfam, 2015).

Según Hernández (2014, p.5), hace algunos años se creía que esta dificultad únicamente podía ser identificada a partir de los 6 años de edad. Esta afirmación se debía a que a esta edad el niño empieza a relacionarse con las capacidades básicas del currículum escolar, como son: la lectura, la escritura y el deletreo. Sin embargo, luego de diversos estudios llevados a cabo en la última década, se ha logrado conocer que existen signos externos que nos ayudan a definir un perfil de las personas disléxicas, antes de iniciar su etapa escolar.

Según Hernández (2014, p.5) los signos externos de la dislexia que se pueden manifestar antes de la etapa escolar son:

- Historial familiar de dificultades en el aprendizaje
- Dificultades persistentes en vestirse de forma correcta y en calzarse de forma correcta y en el pie correcto
- Dificultades en el manejo de abrochar botones y lazo de los zapatos
- Demostrar escaso interés por las letras o palabras
- Escasa capacidad para escuchar o prestar atención
- Dificultad para coger o lanzar un balón y llevar con palmas un ritmo simple
- Tardar más de lo esperado en aprender a hablar de forma clara y correcta
- Utilizar frases invertidas de forma persistente y palabras semejantes a la original
- Conocer los colores, pero confundirlos al nombrarlos
- Balbucear al hablar y examinar de forma persistente todas las palabras
- Incapacidad de recordar el nombre de objetos conocidos
- Confundir palabras de sentido direccional, por ejemplo /arriba-abajo/, /dentro-fuera/
- Dificultad para aprender ritmos musicales en la guardería
- Dificultad para encontrar palabras rítmicas (con el mismo final, con el mismo número de sílabas, etc.)
- Dificultad para completar secuencias (del mismo color o forma y posteriormente con los días de la semana o los números)

Es importante aclarar que no todos los niños con dislexia pueden manifestar todas las dificultades mencionadas anteriormente, pero sí presentan algunos de los problemas semejantes a los mencionados. De igual forma, es adecuado destacar la persistencia de estas dificultades a través del tiempo, motivo por el cual es muy importante la identificación precoz de los niños con dislexia (Hernández, 2014, p.3).

Sin embargo, la edad más adecuada para diagnosticar a una persona con dislexia es cuando el niño está en una edad entre los siete u ocho años, es decir, cuando ya ha recibido una capacitación formal de lectura y escritura,

pero a pesar de ello aún sigue mostrando dificultades significativas en dicho aprendizaje. Los niños disléxicos muestran un desarrollo lento del habla y el lenguaje. Se estima que la dislexia puede llegar a afectar a un 5% de niños entre las edades de siete a nueve años. Es importante destacar que es mucho más frecuente que la dislexia se desarrolle en niños que en niñas. Por lo mencionado anteriormente, es muy importante que los padres de familia y docentes puedan reconocer esta dificultad del aprendizaje, con el fin de iniciar la intervención y apoyo al niño, de acuerdo con las necesidades y características que presente. De esta forma, se puede evitar que el menor se sienta diferente a los demás y desarrolle un sentido de frustración al no poder leer como el resto de sus compañeros de aula (Perez de Arrilucea, 2014).

Para poder identificar que un niño tiene dislexia se puede emplear el siguiente cuestionario propuesto por Hernández (2014):

- ¿Realiza rompecabezas?
- ¿Suele su trabajo ser erróneo respecto al trabajo modelo?
- ¿Su lectura y su escritura están por debajo de las expectativas esperadas respecto a su nivel de habilidad?
- ¿Es incapaz de recordar una lista de instrucciones sencillas?
- ¿Es capaz de leer una palabra en una línea e incapaz de reconocerla en otra línea de la misma página?
- ¿Es capaz de deletrear una palabra de distintas formas?
- ¿Tiene dificultad para copiar de la pizarra?
- ¿Confunde símbolos, por ejemplo, en matemáticas los signos  $/+$  y  $/x$ ?
- ¿Sorprende el esfuerzo que pone en su trabajo y lo poco que se demuestra después?
- ¿Es torpe en algunos aspectos pero bueno en otros, por ejemplo, manipulando juguetes electrónicos?
- ¿Es el gracioso de la clase?
- ¿Su concentración es escasa?
- ¿Son sus dificultades tan severas que necesita una ayuda especial? Y si es así, ¿puede sentarse a trabajar?

Si la mayoría de las respuestas son afirmativas en este cuestionario aplicado al alumno, es adecuado pensar cómo podemos adaptar la enseñanza en el aula para ayudar a estos menores que presentan esta dificultad (Hernández, 2014,

p.5).

Como se ha descrito en párrafos anteriores, la edad más adecuada e importante para brindar apoyo a los niños con dislexia es desde los seis años de edad, especialmente entre los siete y nueve años. Ya que se cuenta con un diagnóstico concreto de su deficiencia, lo que hace posible reforzar los problemas que presenta. De la misma forma se le puede brindar al alumno el soporte necesario, para que no se sienta diferente a sus compañeros de clase. Debido a los motivos mencionados, esta investigación considera como grupo de estudio o población a los niños entre seis a nueve años, de igual forma a los sistemas inteligentes que se han aplicado en niños en este rango de edad.

#### **1.4. Educación en la lectura y escritura para niños con dislexia**

Según nos mencionan Alvarado et al. (2007), una vez el niño cuenta con un diagnóstico de dislexia, se debe iniciar un trabajo de forma específica de todas las dificultades o deficiencias que presenta el alumno. Consideramos que no hay dos disléxicos iguales lo cual origina a los docentes a elaborar un material individualizado para cada niño, según su nivel de desarrollo en todas las áreas lingüísticas y desde luego, no menos importantes, sus preferencias y gustos.

Según nos mencionan Alvarado et al. (2007) las dificultades que tiene el niño disléxico se generalizan a todos los ámbitos y entornos de su vida; por tal motivo es muy importante que el círculo familia-escuela-niño-terapeuta trabaje la dislexia, sin dejar de considerar las diversas actividades extraescolares, lúdicas y deportivas que el alumno pueda realizar. Es importante recordar que las personas con dislexia, son disléxicas las 24 horas del día, los 365 días del año. Los niños que tienen dislexia tienen la necesidad de que los diversos profesionales que trabajan con él, se pongan de acuerdo con la forma de trabajar y su quehacer diario. Es así que la escuela toma un papel muy importante, y en mayor medida, el tutor o docente dentro de este círculo. Por tal motivo el niño con dislexia debe acudir a sesiones individuales dentro o fuera de la escuela, donde puedan trabajarse las características o déficits que presenta su caso, además donde el niño, así como los padres de familia

puedan encontrar un espacio para entender mejor qué le ocurre y cómo puede continuar su desarrollo académico y personal.

Es importante mencionar que los principios metodológicos que se deben utilizar son el aprendizaje estructurado, acumulativo, significativo, iniciando siempre de lo que ya conoce el niño para que lentamente y de forma progresiva se vaya incrementando la complejidad de las tareas, y un aprendizaje multisensorial. La metodología que se utilice debe caracterizarse por ser flexible, con participación activa de los menores e intentando siempre lograr los objetivos planteados a partir de actividades lúdicas para motivar a los niños al aprendizaje. Es adecuado que en las sesiones se plantee una variedad de ejercicios y actividades, intentando en lo posible iniciar las sesiones con diálogo, y finalizando con juegos o actividades que gratifiquen el alumno (Alvarado et al., 2007).

Según indican los especialistas de Disfam, el tipo de terapia y duración de las sesiones deben ser individuales para dar respuesta a las necesidades específicas del niño. Pueden considerarse una o dos sesiones semanales según las dificultades que presente el alumno. Durante estas sesiones se pueden utilizar una variedad de materiales y recursos (visuales, auditivos, manipulativos, etc.) y también se puede hacer uso de las nuevas tecnologías (computadoras, DVDs, páginas educativas de internet, videocámaras, grabadoras, etc.). Desde luego, se debe tener en cuenta la opinión del niño (gustos, preferencias, hobbies) para poder preparar un material personalizado y así aumentar la motivación. Procurar por tanto que las sesiones sean lo más lúdicas posible, sobre todo cuando se realizan fuera del horario escolar ya que los niños suelen estar cansados después de seis o siete horas de clase. Aun teniendo en cuenta estas recomendaciones, la duración de la terapia depende de la evolución del alumno. Recordemos que cada persona es diferente y la forma de trabajar siempre debe ser personalizada. De la misma forma los especialistas indican que las sesiones debe ser muy flexibles como el mismo lenguaje, por tal motivo la espontaneidad, la improvisación, la empatía y la escucha deben ser los requisitos principales e imprescindibles para cada sesión de trabajo. Es importante resaltar que se debe contar con una pauta clara y previa del trabajo que debe desearse realizarse en cada sesión (Alvarado et al., 2007).

Es importante recalcar que en cada una de las actividades propuestas, se debe trabajar cada uno de estos aspectos que están relacionados con la dislexia y a su vez con otros aspectos. Por lo tanto se puede decir que al mismo tiempo que se favorece la percepción visual también se está trabajando en la atención, por ejemplo. Es importante considerar que el trabajo a realizar debe tener continuidad en los diferentes espacios de la vida cotidiana del niño disléxico. Lo que origina que en casa deba brindarse orientaciones y material para que niño pueda continuar desarrollándose. Toda esta labor individual con el alumno y su déficit, servirá de muy poco si el círculo que hemos mencionado entre padres-niños-profesores-terapeutas no consideran entender las necesidades que tiene el alumno con dislexia (Alvarado et al., 2007).

Las características mencionadas que son parte del proceso de educación lectora para niños con dislexia, deben ser consideradas dentro de las funcionalidades que deben soportar las aplicaciones inteligentes que compararemos en esta investigación. Debido a estas funcionalidades no se trata de un software o aplicación simple, sino de un sistema de información, ya que se deben considerar diferentes flujos de información, procesos educativos, seguimiento a alumnos, etc. A continuación, desarrollaremos el concepto de sistemas de información y las características de este tipo de software.

## **1.5. Sistema de Información**

El concepto de sistema de información que nos mencionan Laudon y Laudon (1996) sostiene que:

“Un sistema de información es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad u objetivo” (p. 15).

Los elementos mencionados forman de las siguientes categorías:

- Personas
- Datos
- Actividades o técnicas de trabajo

- Recursos materiales en general (usualmente recursos informáticos o de comunicaciones)

Todos estos elementos mencionados se relacionan para lograr procesar la información y así originan información más elaborada, que se distribuye de la mejor forma posible dentro de una determinada organización, en función de los objetivos trazados. Usualmente el término se utiliza de forma errónea como sinónimo de sistema de información informático, esto se debe a que en la mayoría de los casos los recursos utilizados por un sistema de información están constituidos en mayor parte por herramientas informáticas. Por tal motivo es posible afirmar que los sistemas de información informáticos son una subclase de los sistemas de información en general (Laudon y Laudon, 1996).

Desde un punto de vista técnico, según Laudon y Laudon (2012) podemos definir un sistema de información como:

Un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los procesos de toma de decisiones y de control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control; los sistemas de información también pueden ayudar a los gerentes y trabajadores del conocimiento a analizar problemas, visualizar temas complejos y crear nuevos productos. Estos sistemas contienen información sobre personas, lugares y cosas importantes dentro de la organización, o en el entorno que la rodea. Por información nos referimos a los datos que se han modelado en una forma significativa y útil para los seres humanos. Por el contrario, los datos son flujos de elementos en bruto que representan los eventos que ocurren en las organizaciones o en el entorno físico antes de ordenarlos e interpretarlos en una forma que las personas puedan comprender y usar. Hay tres actividades en un sistema de información que producen los datos necesarios para que sea posible tomar decisiones, controlar operaciones, analizar problemas y crear nuevos productos o servicios. Estas actividades son: entrada, procesamiento y salida. La entrada captura o recolecta los datos en crudo desde un ámbito interior o a través de su entorno externo. El procesamiento convierte esta entrada en bruto en un formato significativo. La salida transfiere la información



procesada a las personas que harán uso de ella, o a las actividades para las que se utilizará. Los sistemas de información también requieren retroalimentación: la salida que se devuelve a los miembros apropiados de la organización para ayudarles a evaluar o corregir la etapa de entrada.

A continuación, iniciaremos la revisión de los diversos conceptos que definen o se relacionan con la inteligencia artificial, campo que complementará a los sistemas de información abordados en este trabajo de tesis.

## **1.6. Inteligencia artificial**

La inteligencia artificial (IA en adelante) es una rama de las Ciencias de la Computación que consiste en sistemas diseñados para computadoras que intentan imitar o simular el comportamiento de los seres humanos. Estos sistemas o software pueden aprender lenguajes, realizar diversas tareas, emplear un aparato perceptivo y simular la experiencia humana para la toma de decisiones. Es verdad que los sistemas basados en IA no poseen la amplitud, complejidad, originalidad y generalidad que tiene la inteligencia humana, si logran desempeñar un rol muy importante en la administración del conocimiento en la actualidad (Laudon y Laudon, 2012).

Es importante mencionar que bajo el enfoque de imitar al ser humano, el investigador Alan Turing “definió una conducta inteligente como la capacidad de lograr eficiencia a nivel de un ser humano, en las diferentes actividades de tipo cognoscitivo, de tal forma que pueda lograr engañar a un evaluador” (Russell y Norving, 1998, p. 2). Por tal motivo, según Russell y Norving (1998) la computadora debería ser capaz de:

- Procesar el lenguaje humano
- Representar el conocimiento
- Razonar automáticamente
- Aprendizaje automático de máquina

De acuerdo a estas características, la Inteligencia Artificial se ha dividido en

dos ramas: la cognitiva y la técnica:

- La rama cognitiva se ocupa del estudio de los procesos intelectuales biológicos como son el razonamiento, el aprendizaje, la representación, etc., utilizando la simulación (Raimundo, 2005). La inteligencia artificial cognitiva a lo largo de los años se ha enfocado en tratar de desarrollar máquinas, que imiten la conducta del ser humano. Empleando cadenas de programación lógica, los estudiosos de esta rama han desarrollado software que, aunque no tiene mente o consciencia, ejecuta tareas complejas emulando un comportamiento inteligente; pero que no produce nuevo conocimiento, sino que todo es la ilusión de un proceso lógico-matemático. En otras palabras, el comportamiento del computador muestra solo lo que el ser humano ya ha ingresado previamente como información (Ramos, 2014).
- La rama técnica se centra principalmente en el desarrollo de los Sistemas Inteligentes, los cuales sonde mayor interés para aplicaciones de ingeniería, ya que se enfoca en la resolución de problemas. Se entiende como problema cuando se considera un estado definido por condiciones iniciales, y se desea alcanzar un objetivo, definido por los resultados o situaciones finales, para ello se cuentan con muchas posibilidades o alternativas. Es importante considerar que los problemas que aborda esta rama de la inteligencia artificial, pueden tener una solución, ninguna o muchas soluciones (Raimundo, 2005).

Para el trabajo de tesis desarrollado, se ha elegido el estudio de la rama técnica de la inteligencia artificial, motivo por el cual se revisarán aplicaciones que utilizando la inteligencia artificial, buscan la resolución del problema del aprendizaje de lectura en niños con dislexia. Para este caso, la inteligencia artificial cognitiva no tiene una utilidad para su aplicación, ya que no es parte de esta investigación la simulación del pensamiento o conocimiento sino la resolución de un problema o dificultad puntual.

## **1.7. Técnicas de la Inteligencia Artificial**

Según Hernández y Haces (2011) las técnicas de la inteligencia artificial son métodos que emplean el conocimiento representado considerando las

siguientes características:

- Representan generalidades.
- Pueden ser comprendido por las personas que los brindan.
- Son flexibles y pueden actualizarse fácilmente.
- Pueden emplearse en diversas situaciones y una cantidad grande de casos.

Es importante recalcar que desde el punto de vista de la ingeniería, la IA emplea diversos métodos o estrategias para resolver los problemas, para lograr esta tarea se plantea diferentes técnicas, las cuales proporcionan herramientas principales en las diversas áreas de la IA, entre estas técnicas es posible mencionar (Hernández y Haces, 2011):

**Figura 2.** Técnicas de la Inteligencia Artificial



**Fuente:** Hernández y Haces (2011)

### **1.7.1. Búsqueda de soluciones**

Estas técnicas proporcionan una forma de solucionar los problemas, en aquellos casos que no se dispone de un método directo. Por otra parte, en la IA es importante considerar los métodos de búsqueda heurística, como una de las técnicas más efectivas para solucionar diversos problemas. La búsqueda heurística se emplea para escoger una ruta o rama con mayor probabilidad de éxito y así reducir el número de soluciones que se van a explorar. Cuando se presentan problemas con mayor complejidad y se realiza una búsqueda entre las posibles soluciones, es probable que cada vez que se tome una decisión o ruta, se originen nuevas alternativas para futuras ramas o posibilidades. Como apreciamos es posible representar estos problemas como un árbol con diversas soluciones, con nodos unidos mediante ramas o también con herramientas que buscan todas las alternativas, dentro de este contexto, la forma más eficiente de buscar soluciones son las heurísticas, ya que poseen reglas que se basan en la información y en la naturaleza del problema abordado, de este modo se limita la posibilidad de fracasar o no entrar una solución.

Según Hernández y Haces (2011, p.124) la heurística se puede definir “como el conjunto de criterios, métodos o principios que se utilizan para encontrar, entre varios cambios posibles, cuál o cuáles son los más efectivos para obtener un objetivo determinado”. De acuerdo a esta definición, se puede afirmar que la técnica para la búsqueda de soluciones se basa en resolver los problemas de forma general y además tiene por objetivo principal hallar los métodos de deducción, buscando alternativas de solución que ayuden a resolver el problema, aun cuando no se cuente con métodos directos (Hernández y Haces, 2011).

### **1.7.2. Representación del conocimiento**

Lo que se busca con la representación del conocimiento es estructurar la información sobre un dominio o problema a abordar, de tal forma que el sistema basado en IA pueda acceder fácilmente a la información con el fin de tomar decisiones, planificar, reconocer elementos y situaciones.

Además analizar, obtener conclusiones y otras operaciones cognitivas. Esta técnica de la IA nos menciona que una apropiada representación debe considerar las características siguientes según afirma Hernández y Haces (2011):

- Hacer explícitos los puntos más importantes
- Exponer las restricciones propias del problema
- Representar la información que necesita el problema
- Ser concisa
- Ser transparente.

Es importante mencionar que la representación del conocimiento puede realizarse empleando estructuras de información o datos, por tal motivo la IA emplea reglas, redes semánticas y diversos marcos de representación. Representar y utilizar el conocimiento proporciona una vía para solucionar problemas complejos, ya que permite utilizar al máximo las estructuras de los elementos involucrados. Los programas que actúan “inteligentemente” requieren contar con una representación del espacio sobre el que actúa, o como mínimo se consideren los aspectos más importantes para lograr resolver el problema. De acuerdo a lo mencionado, se puede afirmar que la representación del conocimiento se basa en la elaboración de métodos y técnicas cada vez más apropiados al problema, que permitan la organización del conocimiento que la aplicación y posterior solución empleará, con el fin de brindar soluciones a los diversos problemas planteados (Hernández y Haces, 2011).

Esta forma de representar el conocimiento es utilizado especialmente por los sistemas expertos y redes neuronales que analizaremos más adelante. A continuación, desarrollaremos la representación aplicada a otras técnicas de inteligencia artificial.

### **1.7.3. Reconocimiento de patrones**

Se puede definir como reconocimiento de patrones, a las técnicas de la IA que tienen como propósito extraer la información necesaria, que permita clasificar las propiedades que ayudan a identificar grupos con

características similares, con el fin de modelar el espacio donde se plantea el problema. Algunos de los problemas que aborda usualmente el reconocimiento de patrones son la selección de atributos, la clasificación y el agrupamiento. De acuerdo a los diferentes problemas planteados esta técnica se han dividido en: reconocimiento estadístico de patrones, reconocimiento sintáctico de patrones, redes neuronales y reconocimiento lógico combinatorio (Carrasco y Martínez, 2011). Para esta investigación se desarrollará con mayor detalle el reconocimiento de patrones basados en redes neuronales, ya que es una de las técnicas más utilizadas en la actualidad para los sistemas educativos inteligentes.

#### **1.7.4. Procesamiento del lenguaje natural**

Según Hernández y Haces (2011), el lenguaje natural también llamado también lenguaje ordinario, es otra de las técnicas de la IA que utiliza un conjunto lingüístico cuyo objetivo principal es el de comunicarse, desarrollándose empleando reglas y convenciones lingüísticas. Al igual que el lenguaje natural utilizado por los seres humanos, esta técnica tiene como principal objetivo transmitir el conocimiento adquirido. Por tal motivo se puede mencionar que esta técnica basada en el lenguaje natural, es en la actualidad es una de las estrategias más interesantes desarrolladas por la IA, ya que se basa en el estudio del lenguaje de los seres humanos con el fin que los sistemas puedan emular sus características.

#### **1.7.5. Redes neuronales**

A continuación mencionaremos algunas de las definiciones propuestas por Matich (2001) respecto a esta técnica de la IA:

- Redes neuronales es una forma de computación, que está inspirada en modelos biológicos
- Se denomina red neuronal a un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos organizados e interconectados, lo cuales procesan la información dinámicamente como respuesta datos externos

- Redes neuronales son elementos adaptativos interconectados de forma masiva y que cuentan con una organización jerárquica, tienen como característica emular la interacción con los objetos del mundo real de forma similar que un sistema nervioso real

Las redes neuronales presentan diversas características similares a un cerebro humano como es el aprender mediante la experiencia, capacidad de generalizar eventos nuevos, abstraer información, etc. Por tal motivo las redes neuronales artificiales poseen muchas ventajas y son aplicables a diversos campos de la tecnología. Entre las ventajas que podemos mencionar tenemos: aprendizaje adaptativo, auto-organización, tolerancia a fallos, operaciones en tiempo real y son de fácil aplicación en las nuevas tecnologías (Matich, 2001, p.8). En los siguientes capítulos detallaremos con mayor profundidad esta técnica de la IA.

#### **1.7.6. Algoritmos genéticos**

Según menciona Tupia (2014) “en la naturaleza, los individuos de una población compiten entre sí por la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio e incluso en la búsqueda de un compañero para fines reproductivos” (p.161). Solo aquellos individuos que tienen mayor éxito de sobrevivir y conseguir a una o varias parejas de su especie, tendrán mayores probabilidades de procrear un número mayor de descendientes. Ocurre a la inversa con individuos que se adaptan poco a su medio, probablemente se reproducirán en menor medida comparados con los anteriores. Esto significa que los genes de los individuos con una mejor adaptación al medio, se propagarán en las siguientes generaciones contando así con un número mayor de descendientes.

De igual forma la combinación de las mejores características provenientes de diferentes ancestros pueden originar mejores hijos, lo que significa que su adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus antepasados. De igual forma es importante considerar que las especies evolucionan con el fin de adquirir nuevas propiedades que les permitan adaptarse con éxito

al medio que los rodea (Tupia, 2014). A continuación, expondremos los componentes con que cuentan los algoritmos genéticos:

#### **1.7.6.1. Componentes de los algoritmos genéticos**

Los algoritmos genéticos enfatizan lo importante que es el cruce sexual y la mutación genética junto con el uso de la selección probabilística, como los principales mecanismos para generar y afinar iterativamente, soluciones del problema en cuestión. Para poder implementar un algoritmo genético, según nos menciona Tupia (2014), se requiere de los siguientes componentes principales:

- o La representación de los elementos del problema, que van a conformar la población de individuos. Para cada uno de los individuos, se necesita encontrar la forma de plantear su mapa genético o representación cromosomática, forma que tiene que ser única para todos los individuos de todas las poblaciones que se van a generar a lo largo de la ejecución del algoritmo.
- o Un juego de datos que haga las veces de población inicial de posibles soluciones: normalmente se usan otros algoritmos menores (heurísticos) para generar varios individuos de esta población inicial aunque también se usen mecanismos aleatorios. La rapidez de convergencia hacia una solución óptima dependerá, en mayor medida a la calidad de la población inicial definida.
- o La función de evaluación o mérito que sirva como clasificador de las soluciones en términos de su adaptación o aptitud al medio. Para efectos del algoritmo será una función de mérito que evaluará la calidad o bondad del individuo solución en función al resto de individuos de la población.
- o Funciones que sirven como operadores genéticos, de tal forma que modifiquen la composición de los sucesores o hijos producidos, las cuales serán parte de las siguientes



generaciones, usualmente se emplean los operadores de cruce, inversión o mutación.

- o Operadores genéticos que se utilizan para modificar la composición de los individuos de tal forma que produzcan nuevas generaciones diferentes.
- o Variables y constantes que sirven como parámetros de entrada que utilizará el algoritmo, como son: el tamaño de la población, probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, número máximo de generaciones, etc. Sobre el papel de estas variables se discutirá en apartados posteriores.

A continuación precisaremos uno de los detalles más importantes de los algoritmos genéticos, especialmente para obtener buenos resultados.

#### **1.7.6.2. La población inicial**

La población está conformada por un conjunto de individuos cuya representación cromosómica seguirá el mismo formato tal y como se explicó en el apartado anterior. El tamaño y calidad de los individuos que conforman la población inicial es un factor determinante para la rapidez de convergencia hacia la solución requerida por el entorno del problema (condiciones de parada).

Poblaciones pequeñas van a tardar mucho en conseguir gran cantidad de individuos entre los cuales surja alguno muy adaptado y eficiente (solución buena), que pueda actuar como solución óptima para el problema (recuérdese que cada individuo de la población es una solución en sí misma). Por su parte, las poblaciones muy grandes traen consigo problemas debido al alto costo computacional tanto del proceso de combinación entre individuos como cualquier intento de almacenamiento histórico de las poblaciones (Tupia, 2014).

### **1.7.6.3. La función fitness**

Junto con una buena representación cromosomática para los individuos de la población, se tiene que establecer una función matemática que mide el grado de adaptación o bondad de los mismos y que la teoría ha denominado función de adaptación, función objetivo o de fitness. Esta función matemática recibe como parámetro al individuo y realiza sus mediciones y cálculos en base a los genes de la representación cromosomática de dicho individuo.

El uso de la función basada en su precisión matemática permite garantizar la calidad del proceso de selección previo a la aplicación de los operadores genéticos de recombinación y creación de nuevas poblaciones. Una función de fitness correcta verifica que dos individuos cercanos dentro del espacio de búsqueda sean similarmente buenos y por ende, el resultado de su unión cromosomática producirá individuos cada vez mejores.

Para construir una apropiada función de fitness se debe considerar que las variables seleccionadas deben mostrar el valor de la solución o individuo de una manera real y objetiva, dado que en muchos problemas de optimización combinatoria, que cuenten con muchas restricciones, la mayoría de posibles soluciones o los puntos dentro espacio de búsqueda representan individuos no válidos. En muchas oportunidades, siguiendo esta estrategia, se hace necesario que la función de fitness reciba parámetros adicionales para hacer sus cálculos y arrojar estas mediciones objetivas sobre los grados de bondad de los individuos analizados (Tupia, 2014).

Para nuestro caso la función de fitness estará definida por las necesidades de aprendizaje de lectura que tiene el alumno.

### **1.7.6.4. Selección natural y medida de la adaptabilidad**

En la fase reproductiva se deben seleccionar los individuos dentro de la población con el fin de realizar el cruce o casamiento, de esta

operación se producen descendientes que constituirán la siguiente generación de individuos. La selección de los padres para esta operación se realiza al azar, empleando un procedimiento que favorezca a los individuos mejor adaptados, ya que a cada posible progenitor se le asigna una probabilidad de ser elegido que es proporcional a su función de adaptación (Tupia, 2014).

### 1.7.6.5. Operador de casamiento

El proceso del casamiento toma una serie de genes de la representación cromosómica de un padre y los combina con otros genes de la representación cromosómica de la madre, generando uno o más descendientes. En el siguiente ejemplo tenemos dos cromosomas que se van a combinar para generar un tercero:

**Figura 3.** Proceso de Casamiento

Padre 1:	00000 11111	00000 ... 00000
Padre 2:	01111 00000	11110 ... 00001
Hijo 1 :	00000 11111	11110 ... 00001

**Fuente:** Tupia (2014, p.168)

Como puede apreciarse en la figura anterior, se han combinado los diez primeros bits del padre 1 con los restantes del padre 2, manteniendo las mismas posiciones. Las combinaciones pueden ser por ende, muchísimas y van a depender de la naturaleza para determinar la cantidad de hijos por pareja y la disposición y cantidad de genes donados por cada uno de dichos padres (Tupia, 2014).

### 1.7.6.6. Operador de mutación.

El proceso de mutación consiste en el hecho de alterar un gen de una determinada posición del cromosoma de algún individuo. La tasa de mutación es la probabilidad que mute un gen de una determinada posición y habitualmente es pequeña. A esta tasa se le puede agregar la cantidad de individuos que conforman la población que sufrirían mutación y además la cantidad y las posiciones de los genes a mutar. Véase el siguiente ejemplo:

**Figura 4.** Proceso de Mutación

Individuo:                    00000 11111 10101 ... 00010

Mutación

de los bits 3 y 4:    00110 11111 10101 ... 00010

**Fuente:** Tupia (2014, p.169)

Como puede apreciarse, los genes (bits) 3 y 4 del primer grupo de genes (de más a la izquierda) han sufrido mutación, pasando de 0 a 1. En principio, puede llegar a pensarse que el operador de cruce tiene mayor importancia que el operador de mutación ya que este brinda una exploración rápida dentro del espacio de búsqueda, lo cierto es que el proceso de mutación asegura que ningún punto dentro del espacio de búsqueda deje de ser examinado, por tal motivo es de vital importancia para asegurar la convergencia en búsqueda de una solución (Tupia, 2014).

### 1.7.6.7. Operador de inversión

Este último operador funciona alterando la totalidad de la representación cromosómica, transformándola a su correspondiente complemento a 1. De allí se deduce que todos los genes iguales a 1 son convertidos en 0 y viceversa. El proceso maneja una única tasa: la cantidad de individuos de la población que mutarán, siendo esta tasa extremadamente baja. Existen riesgos asociados a la inversión

como por ejemplo invertir la representación de un individuo muy adaptado (muy bueno), por lo que su uso debe ser controlado (Tupia, 2014).

#### **1.7.6.8. Ventajas del uso de los algoritmos genéticos**

La potencia de los algoritmos genéticos se debe al hecho que es una técnica robusta, y es posible de adaptarse con éxito a diferentes problemas de diversos campos, inclusive aquellas áreas donde otros métodos o algoritmos encuentran dificultades. Si bien no es posible garantizar que el algoritmo genético encuentre la solución óptima o completa del problema analizado, se ha evidenciado de forma empírica que las soluciones que genera tienen un nivel aceptable, y son cercanas a la solución óptima, en un tiempo muy bueno comparado con otros de algoritmos de optimización combinatoria (Tupia, 2014).

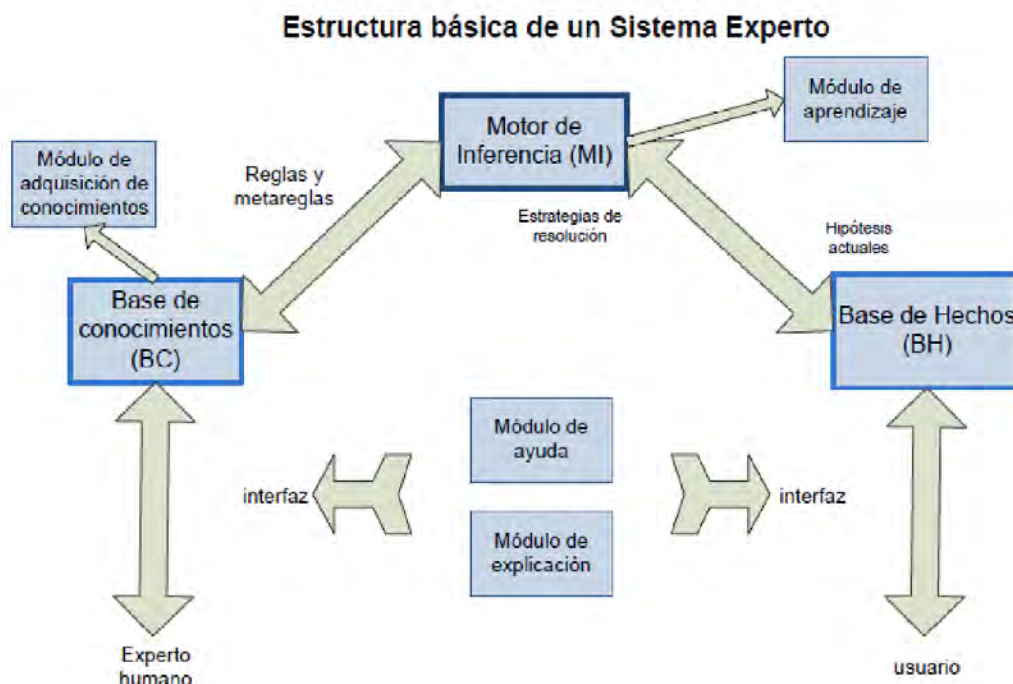
Debido a sus características, que simulan la naturaleza, los algoritmos genéticos son uno de los métodos más usados en la inteligencia artificial, consiguiendo buenos resultados en diferentes campos de aplicación, entre ellos el aprendizaje de la lectura. En el siguiente párrafo mencionaremos otro método de la IA muy utilizado en el campo de la educación y medicina.

#### **1.7.7. Sistemas expertos**

Los sistemas expertos tienen diversas definiciones, una de las primeras brindada por Feigenbaum (1977) nos dice que los sistemas expertos son: “programas inteligentes que utilizan conocimientos y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son tan difíciles que requieren los consejos de un experto para ser resueltos”. Años más tarde Hayes-Roth (1983) definió que un sistema experto debe ser capaz de resolver problemas muy difíciles tan bien o mejor que un experto humano, razonando heurísticamente en base a las reglas que los expertos humanos consideran eficaces. Además Hayes-Roth (1983) afirmó que un sistema experto debe interactuar eficazmente y en lenguaje natural con

las personas. En otras palabras, debe poder funcionar con datos erróneos, inexactos y reglas imprecisas, similar como lo haría un ser humano. Ya en el siglo XXI Wilamowski e Irwin (2011) mencionan que un sistema experto significa “la incorporación en un computador de un componente basado en el conocimiento, que se obtiene a partir de la habilidad de un experto, de forma tal que el sistema pueda dar consejos inteligentes o tomar decisiones inteligentes” (p. 4). A partir de estas definiciones brindadas se puede afirmar que los sistemas expertos tienen como principal característica representar el conocimiento brindado por los expertos humanos, con el fin de resolver diversos problemas y además deben contar con la capacidad de adicionar nuevos conocimientos para resolver nuevas situaciones que se puedan presentar (Tupia, 2014).

**Figura 5.** Estructura de un Sistema Experto



**Fuente:** Hernández y Haces (2011)

En cuanto a la estructura que se aprecia en la imagen anterior podemos deducir que la función a cargo de emular el razonamiento humano se encuentra dentro del motor de inferencia, el cual utiliza la base de conocimientos y hechos con este fin. De igual forma es necesario contar con interfaces que sirvan para acceder al sistema, tanto para el experto

humano que registra e incrementa la base de conocimientos, como para el usuario final del sistema experto, quien proporcionará los hechos a ser evaluados. A continuación, detallaremos cada uno de los componentes de la estructura:

- La base de conocimientos almacena datos conformados por diferentes tipos de reglas tales como:
  - Antecedente-consecuente, estas reglas asumen que si todos los antecedentes son ciertos, entonces todas las consecuencias planteadas serán ciertas
  - Condición-acción, este tipo de reglas evalúan si todas las condiciones son verdaderas, entonces se tienen que llevar a cabo todas las acciones propuestas
  - Inexactas, estas reglas se dan ya que el ser humano puede brindar información inexacta, por tal motivo al ejecutarse todos los antecedentes y ser verdaderos, entonces tendrá como consecuencia es una certeza pero con grado determinado de certeza
- Base de hechos, es la memoria a corto plazo o también denominada memoria de trabajo. Este componente se encarga de almacenar tanto los hechos proporcionados por el usuario que detallan el problema en evaluación, así como los nuevos hechos que el sistema va adquiriendo como parte de su aprendizaje.
- Motor de inferencia, está formada por el componente a cargo del razonamiento que tiene el sistema experto. Motivo por el cual el motor de inferencia, utiliza las reglas almacenadas en la base de conocimientos y los aplica sobre la base de hechos, de esta forma obtiene nuevo conocimiento, el cual a su vez se añade a la base de hechos, originando la aplicación de las reglas almacenadas en la base de conocimientos. Por lo tanto podemos afirmar que el motor de inferencia, combina los hechos y las reglas para obtener nuevos hechos. Para nuestro caso los hechos y conocimientos son las estrategias para el aprendizaje de lectura de los niños, las cuales mediante el uso del motor de inferencia selecciona y propone al alumno.
- Usuarios, este componente del esquema mostrado pueden ser de diversos tipos, dependiendo del grado de complejidad del sistema

experto. De acuerdo al uso del sistema experto los usuarios pueden dividirse en los siguientes tipos:

- o Verificador, comprueba la validez del desempeño del sistema experto en cuanto a resultados
  - o Tutor, brinda información adicional al sistema, además puede modificar el contenido de la información que está presente en el sistema experto según las necesidades que crea conveniente
  - o Alumno, es el usuario final que se desea pueda desarrollar nuevas habilidades personales, de acuerdo al propósito o ámbito de uso para el cual está adaptado el sistema experto.
- Módulo de explicación, es el que se encarga de indicar el razonamiento realizado por el sistema experto que conlleva los resultados brindados. Este componente debe ser diseñado con el fin de explicar el proceso de razonamiento generado dentro sistema experto.
  - Módulo de adquisición de conocimiento, este componente se encarga de actualizar la base de datos de conocimientos, ya que en muchos campos de aplicación de los sistemas expertos, tanto los hechos como las reglas van cambiando a través del tiempo.
  - Módulo de ayuda e interfaz del sistema experto, este componente así como la interfaz gráfica del sistema permiten que el usuario utilice la herramienta mayor facilidad. Por tal motivo estas características pueden incluir opciones de ayuda, procesadores de lenguaje, menús, ventanas múltiples, gráficos, botones, iconos, etc.
  - Módulo de aprendizaje, este componente se desarrolla con el propósito de contribuir a la construcción y el razonamiento de la base de conocimientos. Este componente del sistema experto realiza esta operación de forma similar en todos los casos, debido a su estructura pre-determinada, generando nuevos conocimientos automáticamente y basándose en generalizaciones elaboradas a partir de experiencias anteriores (Hernández y Haces, 2011).

Los sistemas expertos tienen diversas aplicaciones como son las siguientes:

- Sistemas expertos para la actividad empresarial: comprende los sistemas de Administración de la información, desarrollo de interfaces de lenguaje natural para brindar servicios en línea a



través de consultas, toma de decisiones (incluyendo Data Mining), administración de proyectos, interpretación y simulación de estados financieros, manejo de riesgos, tasación y planes de inversión, etc.

- Sistemas expertos industriales: son aplicables a los procesos productivos dentro de las industrias como pueden ser el control de procesos, control de calidad, monitoreo de líneas de producción, detección de fallas etc.
- Sistemas expertos aplicados a la Ciencia e Ingeniería: comprendiendo aplicaciones de índole teórica como solución de diversos problemas matemáticos, control de redes de comunicación inteligentes), interpretación de imágenes, predicción de cosechas, tratamiento de plagas y de suelos, localización de problemas en redes de telefonía, medicina. El éxito y la popularidad de los sistemas expertos, se basa principalmente en el impacto que tienen en la sociedad por esa razón, los sistemas de ayuda a la medicina son los más conocidos, debido a sus múltiples aportes en el campo de la salud. La aplicación de los sistemas expertos es adecuada donde los expertos cuentan de conocimientos complejos en un área bien demarcada y donde no existan otros algoritmos ya establecidos (Tupia, 2014).

En resumen, podemos afirmar que los sistemas expertos permiten:

- Evitar fallos en diversas labores rutinarias pero que pueden ser complejas
- Ampliar de forma rápida los conocimientos de los educandos o de los especialistas
- Diagnosticar los fallos con mayor rapidez y menor costo
- Mejorar procesos de planificación de tareas, logrando que sean más completos y consistentes
- Tomar decisiones sobre determinadas situaciones y de acuerdo al conocimiento.

Como vemos los sistemas expertos ayudan a descargar de las labores rutinarias de los expertos, lo cual ayuda a la reducción de sus problemas. Cuando la labor del experto no está sobrecargada, los sistemas expertos

permiten la reducción de errores en las decisiones y se aceleran los procesos en la toma de decisiones (Tupia, 2014). En resumen los sistemas expertos tienen diversas aplicaciones, como pueden ser el diagnóstico de deficiencias o enfermedades o la enseñanza de diversos conocimientos, brindados por un experto. Por tal motivo esta técnica será una de las que seleccionaremos para nuestra comparación de sistemas educativos aplicados a la terapia de la dislexia. A continuación, revisaremos un método de la IA bastante novedoso que ha adquirido mucha relevancia en los últimos años.

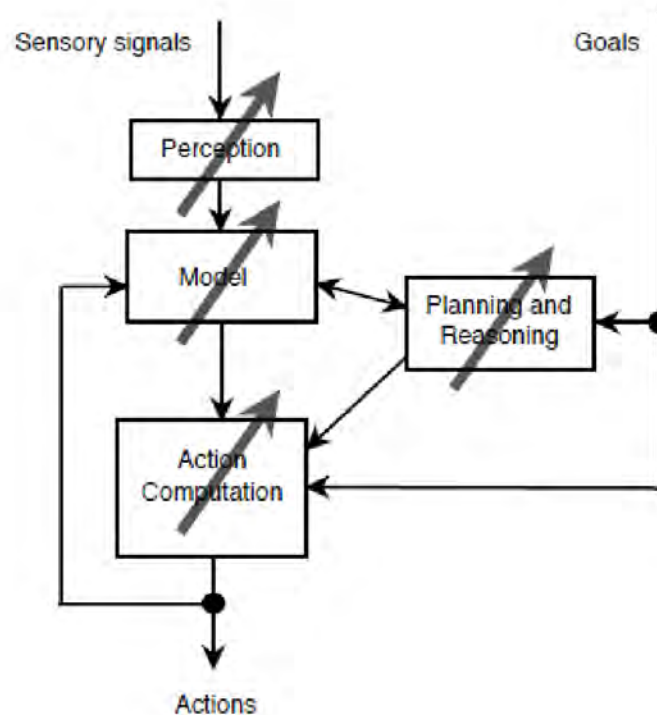
### **1.7.8. Aprendizaje Automatizado o Máquina**

Siguiendo con las técnicas de la IA, ahora nos referiremos a las relacionadas con el Aprendizaje Automatizado o Máquina. Las técnicas de aprendizaje de máquina, derivan de los esfuerzos de los psicólogos por sustentar las teorías de simular el aprendizaje humano a través de modelos computacionales. Los conceptos y técnicas que están explorando los investigadores sobre el aprendizaje, imitan ciertos aspectos del aprendizaje biológico, no solo de los seres humanos sino de los animales. En cuanto a las máquinas, podríamos desarrollar diversos métodos y formas en que una máquina puede aprender. Una de ellas es adaptando su estructura, programa o datos (basados en la respuesta a la información externa) de tal forma que se puede esperar la mejora en su rendimiento. Algunas de estas modificaciones, como incluir nueva información a nivel de base de datos es significado que el sistema está aprendiendo, por ejemplo: el desempeño de un sistema de reconocimiento de voz mejorará, luego de recibir varias muestras de discursos de diversas personas, en ese momento podemos afirmar que ha aprendido.

El aprendizaje automático hace referencia generalmente a las modificaciones en los sistemas que realizan tareas asociadas con inteligencia artificial. Tales tareas incluyen el reconocimiento, diagnóstico, planificación, control del robot, predicción, etc. Los cambios pueden ser mejoras a sistemas ya existentes o en nuevos sistemas.

Para ser un poco más específico, mostramos la arquitectura de un típico agente de la inteligencia artificial en la figura 6. Este agente percibe y modela su entorno y calcula acciones apropiadas, tal vez anticipando sus efectos. Los cambios hechos a cualquiera de los componentes mostrados en la figura pueden ser considerados como aprendizaje. Pueden emplearse diferentes mecanismos de aprendizaje dependiendo de qué subsistema esté cambiando.

**Figura 6.** Sistema de Inteligencia Artificial



**Fuente:** Nilson (1998)

El logro del aprendizaje en las máquinas, puede ayudarnos a entender cómo los animales y los seres humanos aprenden. Algunas razones técnicas por las cuales se desarrolla un aprendizaje automático son las siguientes:

- Algunas tareas no pueden definirse bien, es decir, deberíamos tener la capacidad de especificar pares de entrada-salida pero no una relación

concisa entre estas. Nos gustaría que esos sistemas pudieran adaptar su estructura interna para producir resultados correctos para un gran volumen de entradas de muestra, de esa forma restringir apropiadamente su función de entrada-salida con el fin de aproximar la relación implícita.

- Puede ocurrir que ocultos entre grandes pilas de información existan relaciones y correlaciones importantes. Por tal motivo los métodos de aprendizaje de la máquina a menudo se pueden utilizar para extraer estas relaciones (minería de datos).

Para cualquier técnica del aprendizaje lo más importante es lo que se tiene que aprender. Por tal motivo podemos considerar que lo que se debe aprender es una estructura computacional de algún tipo. Consideraremos una variedad de diferentes estructuras computacionales:

- Funciones
- Programas lógicos y conjuntos de reglas
- Máquinas de estado finito
- Gramáticas
- Sistemas de resolución de problemas

En los casos antes expuestos, las técnicas del aprendizaje se dan realizando cambios en estructuras nuevas o cambios en las estructuras existentes. En este último caso, el cambio a la estructura existente podría ser simplemente hacerla más simple computacionalmente, al aumentar su cobertura a situaciones que puede manejar que antes no conocía, pero mediante su adaptación, ahora es viable (Nilson, 1998).

Debido a la gran cantidad de datos con los que se cuenta en la actualidad, se requiere métodos automatizados de análisis de datos, que es lo que proporciona el aprendizaje automático. En particular, definimos el aprendizaje automático “como un conjunto de métodos que pueden detectar automáticamente patrones en los datos y luego utilizar los patrones descubiertos para predecir datos futuros o para realizar otros tipos de toma de decisiones” (Nilson, 1998, p 2). Según Murphy (2012), la mejor manera de resolver estos problemas es utilizando herramientas

basadas en la probabilidad. La teoría de la probabilidad se puede aplicar a cualquier problema que implique incertidumbre. Este enfoque probabilístico del aprendizaje automático está estrechamente relacionado con el campo de la estadística, pero difiere ligeramente en términos de su énfasis y terminología. El aprendizaje automatizado utiliza una amplia variedad de modelos probabilísticos, adecuados para una amplia variedad de datos y tareas. También hace uso de una amplia variedad de algoritmos para aprender y usar tales modelos. En la actualidad esta técnica es muy utilizada para la clasificación de diferentes tipos de información, desde enfermedades, tendencias políticas, idiomas, entre otros.

### **1.8. Sistemas de Información Inteligentes**

Los sistemas de información inteligentes (SII) son “sistemas informáticos, que presentan como principal característica, su capacidad de adaptación a condiciones variables de su entorno, en pos del cumplimiento de sus objetivos” (Raimundo, 2005, p. 5). Para ser definidos como SII deben contar con tres características principales.

- Capacidad de razonar, con el fin de conseguir conclusiones, las cuales puedan servir para tomar sus propias decisiones.
- Capacidad de aprender, esta característica se enfoca en adquirir nuevos conocimientos, que se deducen de las experiencias en su uso.
- Capacidad de interactuar con otros SII, esta característica se realiza empleando técnicas de comunicación y comprensión de información externa.

A partir de las capacidades de razonar y aprender surge la necesidad de todo SII, que en general es resolver situaciones no ocurridas durante el proceso de aprendizaje. Además, incluye la formación de conceptos que podemos definir como la transición de una descripción particular de un elemento hacia una descripción conceptual. Con tal fin los SII deben poseer al menos, una mínima capacidad de memorizar, ya que es necesaria para el desarrollo del resto de capacidades. Según lo expuesto podemos apreciar un conjunto de características principales de los SII, que pueden ser denominadas esenciales, a las que se pueden adicionar otras, conocidas como características deseables

utilizadas usualmente en los sistemas bioinspirados o inspirados en los seres vivos (Raimundo, 2005). En la siguiente tabla se detallan las características mencionadas que presentan los sistemas inteligentes:

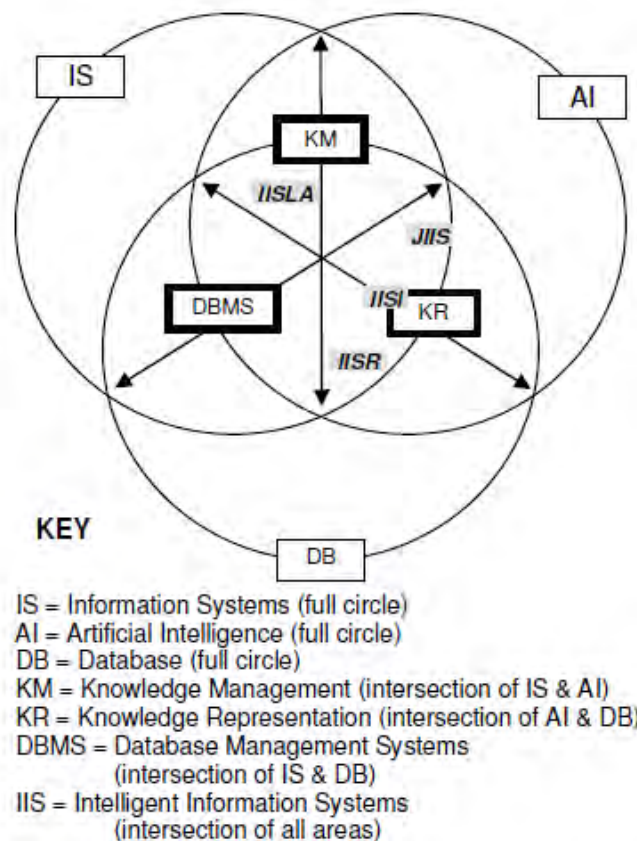
**Tabla 1.** Características de los Sistemas Inteligentes

<b>Esenciales</b>	<b>Deseables</b>
Razonamiento: para obtener conclusiones y tomar sus propias decisiones	Robustez: para poder continuar operando bien con daños parciales.
Aprendizaje: para adquirir nuevos conocimientos, a partir de sus experiencias.	
Interacción: con otros SII, mediante la comunicación y el entendimiento	
Generalización: para resolver adecuadamente situaciones no ocurridas durante el proceso de aprendizaje	Reproducción: para poder mejorar generacionalmente.
Memoria: complemento de las demás capacidades obligatorio	

**Fuente:** Raimundo (2005)

El cuanto al dominio o ámbito informático, los SII son la unión de los sistemas de Información, la inteligencia artificial y las tecnologías de base de datos. Esto se puede observar en la figura 7.

**Figura 7.**Arquitectura del Software



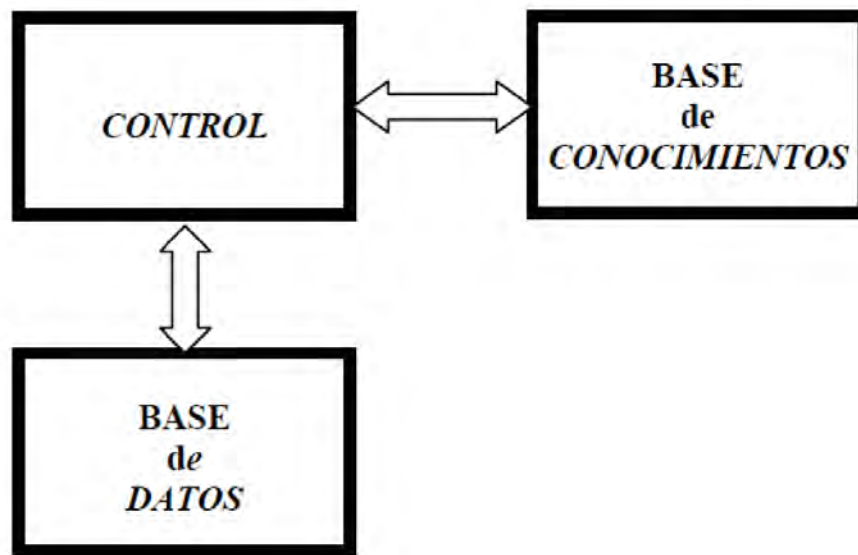
Fuente: Matta y Sormaz (2006)

En cuanto a la clasificación de los Sistemas Inteligentes, estos se dividen en tres grupos, según sus características:

### 1.8.1. Sistemas basados en el conocimiento

Son sistemas computacionales que cuentan con tres partes bien definidas: componente a cargo del control computacional, una base de conocimientos y una base de datos. El componente de control puede funcionar considerando dos puntos de vista: computacional y lógico. El punto de vista computacional es un programa intérprete o compilador del conocimiento con que cuenta el sistema, almacenada en la base de conocimientos. Desde el punto de vista lógico, el módulo de control está a cargo de la simulación de un programa de inferencia deductiva, con la capacidad de razonar utilizando conectores lógicos. (Raimundo, 2005).

Figura 8. Arquitectura del Software



**Fuente:** Raimundo (2005)

Este tipo de sistema inteligente es aplicado en diferentes ámbitos como por ejemplo en los sistemas de producción, sistemas basados en lógica difusa o sistemas expertos. A continuación, detallaremos los sistemas mencionados:

- **Sistemas de Producción:** Son aplicaciones para el apoyo o control de las empresas dedicadas a la manufactura. Abarca desde los procesos de adquisición de la materia prima a utilizar, formulación, transformación del material, hasta la entrega del producto terminado. En este tipo de sistemas, el conocimiento es utilizado para poder predecir diversas necesidades de la operación como son: la materia prima a emplear con el fin de optimizar las compras y la producción a realizar, la calidad de los productos a manufacturar automatizando los controles de este tipo o finalmente la cantidad de productos a producir por la fábrica optimizando el costo beneficio según la demanda.
- **Sistemas de Lógica Difusa:** Son sistemas basados en normas que pueden representar de forma concreta, la imprecisión del pensamiento humano, utilizando la generación de reglas que



emplean valores aproximados o subjetivos. De esta forma pueden detallar un fenómeno o proceso desde un punto de vista lingüístico, para luego representar esta descripción empleando un conjunto de reglas flexibles. Se puede usar la lógica difusa para crear sistemas basados en software, que logren capturar el conocimiento tácito en ámbitos donde exista ambigüedad lingüística (Laudon y Laudon, 2012).

Sistemas Expertos: son aplicaciones que emplean técnicas inteligentes con el fin de adquirir conocimiento dentro de un dominio muy específico y que se encuentra limitado propio solamente de especialistas. Estos sistemas adquieren conocimiento de especialistas o expertos en diversas materias, para luego transformar el conocimiento adquirido, en grupos de reglas que el sistema pueda utilizar para la instrucción del resto de empleados de una organización o entidad. Este conjunto de reglas con que cuenta el sistema experto se añade a la memoria, y es conocida como el aprendizaje almacenado propio del ámbito de uso (Laudon y Laudon, 2012).

Como principal carencia podemos nombrar que los sistemas expertos no cuentan con el conocimiento y la comprensión de las ideas básicas o fundamentales de un especialista o experto humano. Por tal motivo, están a cargo de realizar tareas muy limitadas que usualmente pueden realizar los especialistas en un corto tiempo, como por ejemplo diagnosticar si una máquina tiene defectos o determinar si se puede otorgar o no el crédito para un préstamo. Aquellos problemas que no pueden ser resueltos por los especialistas humanos en un corto periodo de tiempo, son lo bastante difíciles para ser abordados por un sistema experto. Pero al adquirir el conocimiento humano en áreas limitadas, los sistemas expertos pueden generar resultados que brinden beneficios a las organizaciones como en la toma de decisiones con una buena calidad y contando con menos personas. Por este motivo en la actualidad los sistemas expertos son muy utilizados en las empresas del sector financiero, productivo, médico y educativo

(Laudon y Laudon, 2012).

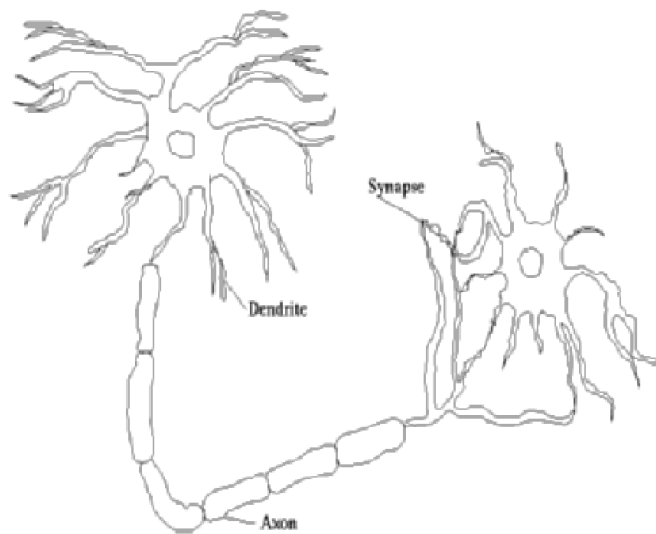
A continuación mencionaremos otro grupo de sistemas inteligentes muy utilizados en la actualidad en diferentes ámbitos como son la educación, las empresas y la medicina.

### **1.8.2. Sistemas Neuronales Artificiales**

En este grupo de sistemas encontramos aquellos que tratan de imitar las redes neuronales biológicas presentes en animales superiores, en especial en el hombre. Estas aplicaciones tienen como característica, estar diseñadas por un alto grado de conexiones entre sus neuronas artificiales, de acuerdo al tipo de arquitectura determinada durante la implementación. Las propiedades con que cuenta una red neuronal dependen del modelo de neurona que se esté utilizando. Como es conocido a partir de los estudios biológicos, la estructura de una neurona presenta las siguientes:

- El soma conforma el cuerpo de la neurona
- Las dendritas vienen a conformar las entradas
- El axón es el filete grueso que representa la salida
- Las sinapsis son conexiones entre el axón que posee la neurona y las dendritas de otras, desde luego pueden tener distinta intensidad, y vienen a formar la memoria del sistema

**Figura 9.** Neurona Biológica.



**Fuente:** Raimundo (2005)

Estos tipos de sistemas deben ser entrenados, empleando un grupo de patrones exclusivos para su entrenamiento y para el caso de aprendizaje supervisado, se debe indicar cuáles son las salidas deseadas que corresponden a las entradas. Concluida la fase de entrenamiento, se considera que la red neuronal tendrá la adecuada correspondencia (función) entre las entradas y las salidas (Raimundo, 2005). Este tipo de sistemas basados en la inteligencia artificial también conocidos como Redes neuronales, como indicamos en los párrafos anteriores, deben tener la capacidad de aprender mediante el entrenamiento. Aprender significa que los problemas que inicialmente no se podían resolver, luego del proceso de aprendizaje pueden ser resueltos, ya que se cuenta con mayor información para brindar una alternativa de solución al problema. Por tal motivo Raimundo (2005) afirma que las redes Neuronales pueden tener las siguientes características:

- Están formados por unidades de procesamiento que intercambian datos o información
- Se emplean para reconocer patrones, tales como imágenes, textos y tendencias en el tiempo
- Cuentan con la capacidad de aprender y optimizar su funcionamiento.

Según indica Matich (2001, p.5), las redes neuronales se pueden clasificar de acuerdo con su aplicación y su similitud a la realidad, por tal motivo podemos dividirlos en:

- El modelo biológico. Este modelo comprende las redes que tratan de simular los sistemas neuronales reales, así como las funciones sensoriales.
- El modelo dirigido a la aplicación. Este modelo no tiene necesariamente que guardar similitud con los sistemas biológicos. Su diseño se realiza de acuerdo a las necesidades de las aplicaciones para va a satisfacer.

Finalmente podemos mencionar que los sistemas neuronales son muy utilizados en aplicativos para la enseñanza, por tal motivo es una de las familias algorítmicas que emplearemos en la comparación a realizar en la tesis presentada. A continuación mencionaremos otro tipo de sistemas basados en la biología, como son los evolutivos.

### **1.8.3. Sistemas Evolutivos**

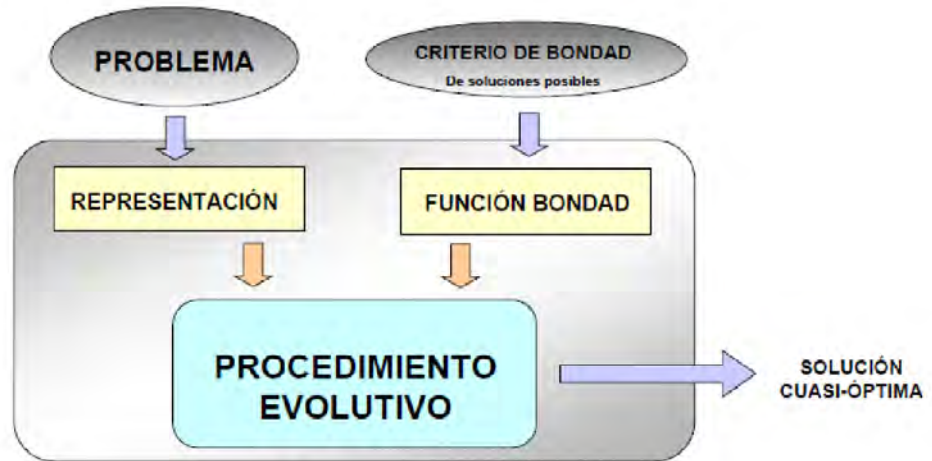
Los sistemas evolutivos corresponden a una técnica de la inteligencia artificial inspirada en el proceso evolutivo natural, en la que los seres biológicos (individuos o cromosomas), representan posibles soluciones del problema. El ámbito de esta técnica está representado por una función de mérito que mide el beneficio de las soluciones. Luego de una cantidad adecuada de iteraciones (generaciones), utilizando operadores de selección de progenitores y sobrevivientes, cruzamientos y mutaciones, el método entrega una solución cercana a la óptima, aunque no necesariamente la mejor (Raimundo, 2005).

Según Raimundo (2005), otra característica es que estos sistemas inteligentes emplean dos principios fundamentales de la evolución natural de las especies como son:

- Mayor probabilidad de descendencia y de supervivencia de los más aptos
- Predecesores inadecuados hoy pueden generar los mejores

generaciones en el futuro

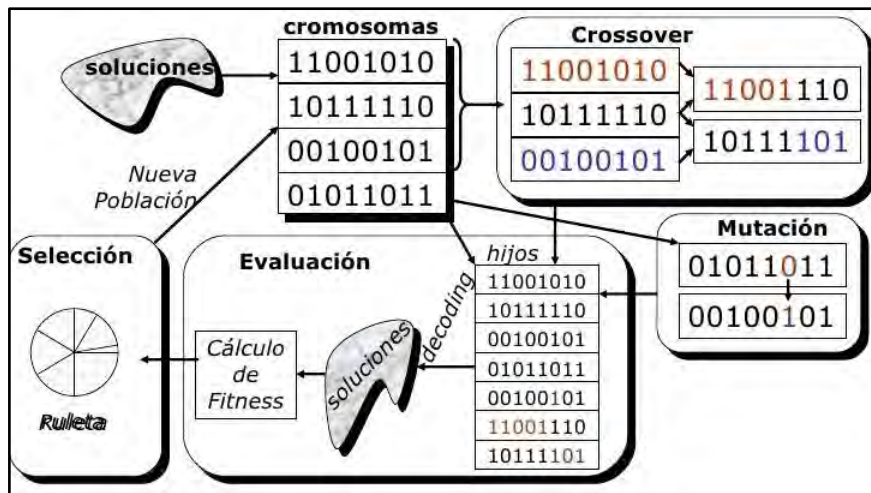
**Figura 10.** Sistema Evolutivo



**Fuente:** Raimundo (2005)

El método más difundido y utilizado de estos sistemas inteligentes son los algoritmos genéticos. Esta técnica se utiliza para resolver problemas muy diversos, dinámicos y complejos, que pueden contar con cientos o miles de variables. Las posibles soluciones del problema a resolver, deben poderse representar como cromosomas, de tal forma que sea posible el uso de los operadores genéticos como son la selección y búsqueda, ya sea por cruzamiento o mutación. Los algoritmos genéticos tienen como propiedad agilizar la obtención de la solución, ya que poseen la capacidad de evaluar diversas alternativas de solución con mucha velocidad y así encontrar la mejor solución o la más cercana a ella (Laudon y Laudon, 2012).

**Figura 11.**Representación del algoritmo genético propuesto por Holland en 1975



**Fuente:** Laudon y Laudon (2012)

De acuerdo a la figura 5, los algoritmos genéticos inician su procesamiento de información a partir de una población inicial o soluciones preliminares, que tienen una representación en forma de cromosomas. Como indica Pose (2000) sobre estas soluciones se ejecutan los llamados operadores genéticos, como son la selección, cruce o *crossover* y mutación. Finalmente se realiza una operación de evaluación de las nuevas soluciones o cromosomas, dejando solo los resultados con mejor fitness o función de mérito. De esta forma se recrea el ciclo evolutivo de las especies, que siempre está en constante mejoramiento para adaptarse al medio ambiente. Estos sistemas son muy utilizados en el ámbito de ayuda al aprendizaje, como herramientas de diagnóstico de deficiencias, debido a su naturaleza aleatoria y sin necesidad de contar con información preliminar.

### 1.9. Sistemas aplicados a niños con dislexia

En la actualidad, existen diversos sistemas aplicados a la dislexia, muchos de ellos se basan en el uso de técnicas de inteligencia artificial, por tal motivo son considerados sistemas inteligentes. A continuación, mencionaremos algunos de ellos, así como sus características:

### 1.9.1. Dyetective y Dyetective U

Estos software desarrollados por la empresa Change Dyslexia, basadas en el uso de redes neuronales artificiales se enfoca en ayudar a los niños a través de la detección temprana de la dislexia, empleando la técnica de inteligencia artificial denominada aprendizaje automático, que se centra en predecir la lectura y escritura de las diferencias personas observando cómo interactúan con un juego basado en la web lingüística Dyetective.

El diseño de Dyetective se basa en:

- El análisis lingüístico empírico de los errores que tienen las personas con dislexia
- Los principios de adquisición del lenguaje
- Las habilidades lingüísticas específicas relacionadas con la dislexia.

Según Rello (2016), se realizaron experimentos con 243 niños y adultos (95 con dislexia diagnosticada) revelaron diferencias en cómo las personas con dislexia leen y escriben. Para el desarrollo de esta solución se ha entrenado un modelo de aprendizaje automático que es capaz de predecir la dislexia con el 83% de precisión en un conjunto de pruebas con 100 participantes. En la actualidad, esta aplicación se está empleando en diversas escuelas, no solo para diagnosticar a niños con dislexia, sino para ayudar a los niños a mejorar su memoria fonológica, dificultades de memoria visual y dificultades de ortografía.

Para lograr su uso y difusión masivo, se ha desarrollado diversas plataformas como Android y Apple (Rello et al., 2016).

La segunda aplicación de esta solución es DyetectiveU, la cual es una herramienta basada en software para sirve para ayudar a superar los obstáculos propios de la dislexia de un modo divertido y personalizado. Este sistema se presenta como un videojuego que adapta los ejercicios de la terapia de la dislexia, de tal forma que cada usuariologue mejoraren la lectura, escritura y comprensión de textos.

**Figura 12.**Pantalla de Aplicación Dyetective U



**Fuente:** Rello et al. (2016)

Esta herramienta emplea técnicas de redes neuronales y big data, eligiendo entre los más de 35.000 ejercicios con que cuenta, cuáles de ellos son los más apropiados para el usuario, de acuerdo a las habilidades que necesitan ser reforzadas. Según se indica en la guía de la aplicación, solo es necesario jugar unos 15 minutos diarios. El sistema también brinda la posibilidad de observar la evolución de la lectoescritura de los usuarios, mediante los informes que genera. No es necesario que un adulto esté a su lado, pero se puede visualizar reportes y realizar seguimiento de los niños.

### 1.9.2. JollyMate

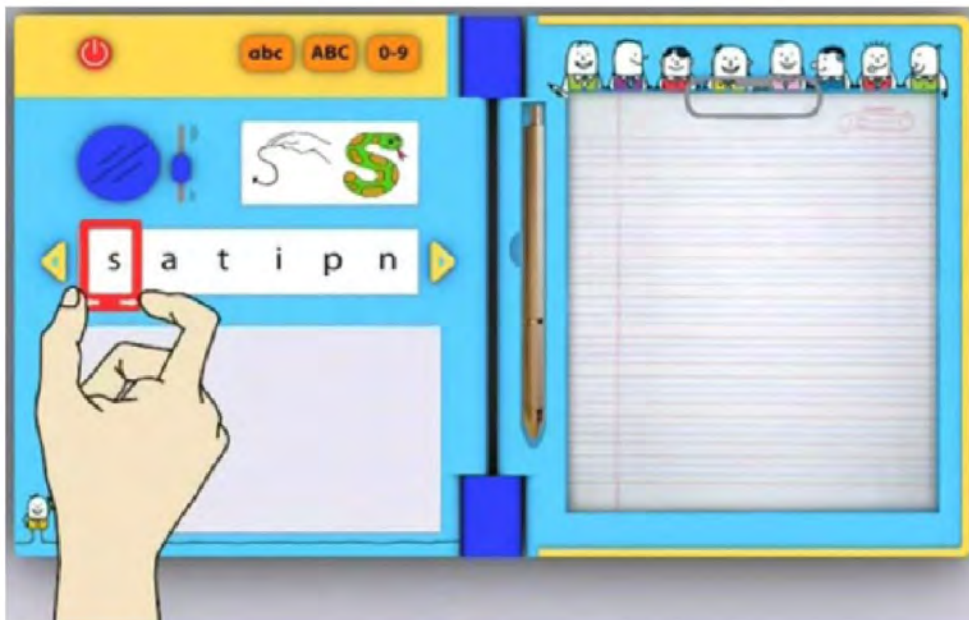
JollyMate es un software para niños menores con dislexia, mediante un block de notas digital que emula el sistema fonético de las letras. Este emplea el reconocimiento de caracteres escritos a mano mediante la herramienta *theLipi IDE tool* de *LipiToolkit*, que ayuda a identificar cuándo



un carácter ha sido escrito de manera incorrectamente.

Jollymate, además, se presenta como dispositivo para el auto-aprendizaje de niños con dislexia, mediante un hardware con forma de un cuaderno escolar, lo cual le permite al niño que practique cómo escribir letras y números correctamente. Este dispositivo cuenta con la aplicación JollyPhonics que es un software diseñado especialmente para la enseñanza del sonido de las letras y la formación de palabras en el idioma inglés (Khakhar y Madhvanath, 2010).

**Figura 13.** Cuaderno de tareas



**Fuente:** Khakhar y Madhvanath (2010)

En la figura 13 podemos ver la forma en la que el niño utiliza el juego, mediante la asignación de una letra a la figura o del sonido con el cual se está describe la acción. Cuando el alumno identifica la letra, el sonido y su forma, recién puede tener acceso al área de trabajo de la derecha.

En el caso que el niño escriba lo correcto se encenderá una estrella como símbolo de su éxito, sin embargo si las letras están mal escritas, el cual es el problema que padecen los disléxicos, JollyMate reconocerá el error y brindará retroalimentación auditiva, para estimular al niño a continuar con

el uso de la herramienta (Khakhar y Madhvanath, 2010).

*LipiToolkit* de la firma *Hp labs* es un proyecto de investigación, que tiene como objetivo es facilitar el desarrollo de motores de reconocimiento de escritura manual. Este kit de herramientas brinda soporte para realizar implementaciones robustas, además del código necesario como parte del soporte a las actividades a realizar como son datos de escritura a mano, recopilación, anotación y la evaluación mediante el reconocimiento de formas y patrones (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013).

La primera versión de estas herramientas fue lanzada en el año 2006 y contenía algoritmos o técnicas de reconocimiento aislado como: la clasificación basada en subespacios (PCA) y la clasificación de vecinos más cercanos basada en Dynamic Time Warping (DTW). Ambos algoritmos de reconocimiento utilizaron representaciones de longitud fija de la forma manuscrita, trayectoria obtenida después de operaciones de preprocesamiento tales como normalización de tamaño y remuestreo.

Ahora, en su tercera versión, el kit de herramientas incluye muchas nuevas funciones de preprocesamiento y nuevas características como PointFloat (Khakhar y Madhvanath, 2010).

También incluye métodos de reconocimiento adicionales, incluyendo:

- Un clasificador k-NearestNeighbor generalizado que soporta distancias euclidianas y DTW para las distancias
- Un clasificador basado en Active-DTW
- Un clasificador basado en redes neuronales

Cómo vemos esta aplicación de ayuda a los niños con dislexia emplea diferentes técnicas de la IA, entre ellas las redes neuronales, las cuales definimos en los primeros capítulos de este documento.

### **1.9.3. *Supervising classrooms comprising children with dyslexia and other learning problems***

Esta herramienta parte de un estudio realizado en un aula que comprende alumnos con dislexia y además otros problemas del aprendizaje. Así se desarrolla una herramienta de software a la medida. La solución se obtiene mediante el análisis exploratorio gráfico, utilizando la técnica de

inteligencia de artificial denominada lógica difusa. Esta técnica tiene capacidades de clasificación y predicción de datos, por lo cual proporciona una visualización comparada de los resultados de la prueba aplicada a los niños en el aula y su evolución esperada en un futuro próximo.

El software también ayuda a detectar los diferentes grupos de problemas del aprendizaje en la clase, y además puede recomendar tratamiento profesional en caso de que algunos indicadores se diseñen con la ayuda del psicólogo. Así las tareas de visualización y diagnóstico pueden ser realizadas por los padres y profesores por su cuenta. El software no requiere grandes bases de datos, pero cada individuo se caracteriza por un gran número de características, por lo que se emplean algoritmos de minería de datos para mejorar este contexto.

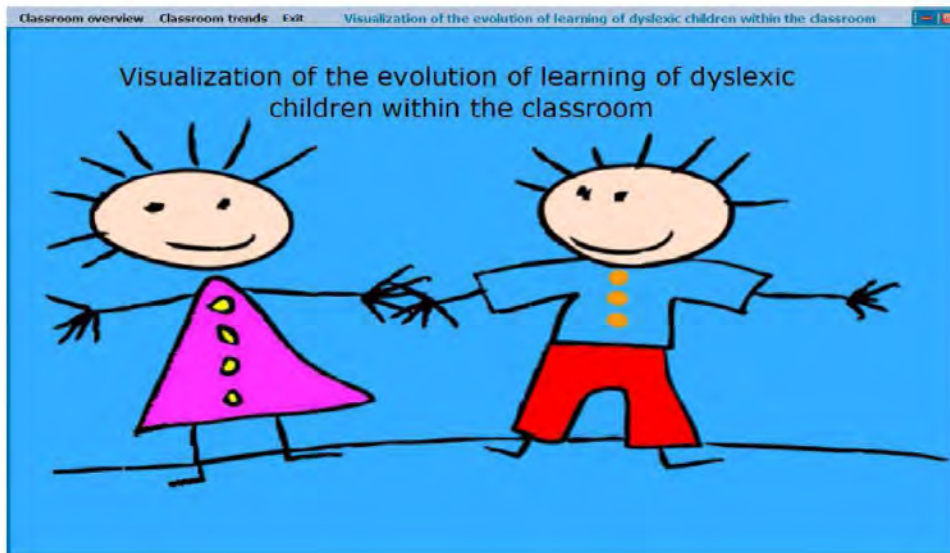
La herramienta de software ha sido diseñada para realizar un seguimiento en la base de datos de evaluaciones de los niños en el salón de clase y realiza un análisis procesando esta información que comprende diversas listas y representaciones gráficas. La aplicación se ha elaborado empleando un diseño agradable al usuario, por lo cual puede ser usado por profesores o padres de familia. Las categorías de pruebas que maneja son las siguientes:

- Vocabulario
- Orden verbal
- Conceptos básicos
- Razonamiento
- Coordinación motor visual
- Memoria verbal auditiva
- Percepción de forma
- Orientación espacial
- Percepción auditiva y ritmo
- Lateralidad
- Pronunciación

La herramienta cuenta con dos formas de trabajo al momento de ingresar y seleccionar las categorías a considerar: la primera es la visión general

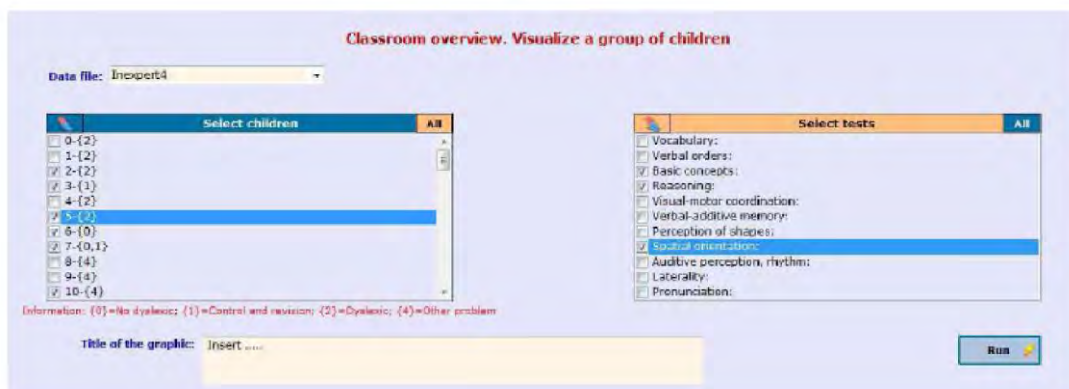
del aula y la segunda muestra la tendencia de los alumnos dentro del aula (Palacios y Sánchez, 2014). A continuación presentaremos algunas pantallas con las que cuenta esta herramienta.

**Figura 14.**Ingreso y selección de forma de trabajo



**Fuente:** Palacios y Sánchez (2014)

**Figura 15.**Pantalla de selección de categorías de pruebas



**Fuente:** Palacios y Sánchez (2014)

Figura 16. Selección de alumnos y test.



Fuente: Palacios y Sánchez (2014)

Figura 17. Seguimiento de un grupo de alumnos



Fuente: Palacios y Sánchez (2014)

#### 1.9.4. *Aplicativo Multimedia Interactivo Integral Mi Día*

Esta solución se desarrolla, para el apoyo en la educación escolar, aplicando la estrategia conducente curricular, mediante tutorías de enseñanza que utilizan elementos multimedia, además permite el registro del estado de las diferentes actividades de los alumnos, con la finalidad de generar estadísticas que contribuyan con el mejoramiento en el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en las aulas de clase. Así mismo esta solución se enfoca principalmente en ayudar en la enseñanza de niños cuyas edades estén entre los 6 y 9 años. A nivel de software esta aplicación cuenta con un sistema experto integrado y una base de datos, además de unainterfaz gráfica que integre a ambos. En otras palabras, unifica los diversos recursos, sean o no multimedia, con el

fin de presentar las actividades para los alumnos y así establecer líneas de comparación gráfica que muestren (sin entrar al nivel de diagnóstico) la presencia de problemas o dificultades de lectura y escritura. La aplicación tiene un entorno muy amigable, para que el niño o niña aprenda mientras juega (Espinoza y Elistratova, 2004).

**Figura 18.** Pantalla de aplicación Mi Día



**Fuente:** Espinoza y Elistratova (2004)

En las actividades que muestra la aplicación, incluye la participación del tutor para caso de las escuelas, y de los padres de familia cuando se emplee en casa. De esta manera logra que los padres de familia se relacionen, en los procesos de enseñanza y en el uso de nuevas herramientas tecnológicas.

**Figura 19.**Pantalla de aplicación Mi Día



**Fuente:** Espinoza y Elistratova (2004)

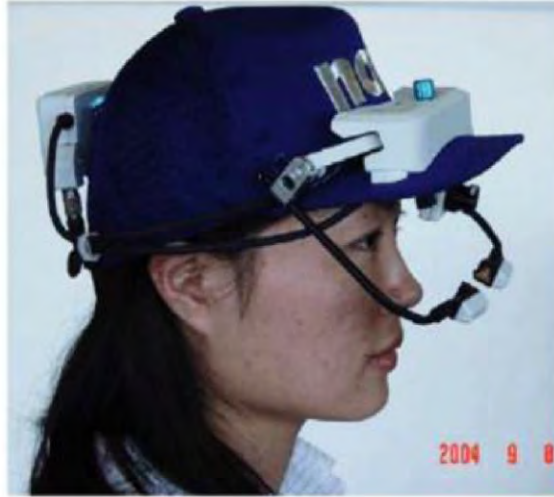
Una vez que el niño ha culminado el juego completo, se realiza una valoración de diversos aspectos, como son la motricidad fina, nivel de atención, pensamiento Lógico, concentración, etc. Cada uno de los aspectos mencionados, son valorados de acuerdo a las actividades que el alumno ha realizado en el software multimedia, al cual se le denomina Mi Día, ya que es lo que generalmente un niño desarrolla día a día, ya sea en su hogar o en la escuela. Es importante recalcar que esta solución integra gráficos estáticos, audios de instrucciones, sonidos relacionales, animaciones, etc. Con la finalidad de ayudar a que el niño genere destrezas, así como su evaluación y seguimiento de las dificultades a nivel de lectura y escritura. (Espinoza y Elistratova, 2004).

#### **1.9.5. Eye tracking software “Tobii Studio 3.0”**

Otra alternativa de ayuda para las personas con dislexia es Eye Tracking con software de Tobii Studio, esta solución está conformada por hardware y software, y que a menudo se presentan como dispositivos montados sobre la cabeza (figura 20). Afortunadamente, desde hace algunos años han aparecido mejoras en este campo, por ejemplo ahora el dispositivo

puedeser controlado utilizando cámaras como se aprecia en la figura 21 (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013).

**Figura 20.**Lentes Eye Tracking



**Fuente:** Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013)

**Figura 21.**Eye Tracking utilizando Tobii Studio



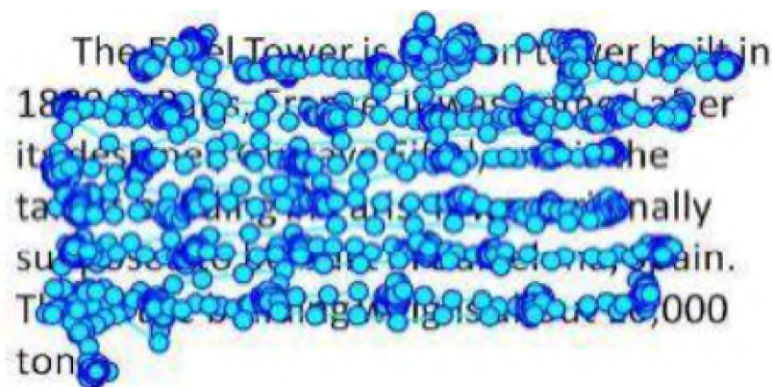
**Fuente:** Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013)

Tobii, es uno de los dispositivos que operan con la técnica de seguimiento



ocular, y que combinan el vídeo y la oculografía con reflexión de luz infrarroja. Esta solución se parece a una pantalla LCD, pero está provisto con cinco NIR-LED y una cámara infrarroja CCD, integrada al monitor del computador. Estos dispositivos detectan y miden los movimientos oculares, con el objetivo de identificar con mayor precisión la dirección de la vista de los usuarios, con estos datos es posible establecer patrones de la mirada y el movimiento de los ojos de los usuarios durante la lectura, brindando información sobre la percepción visual y características del movimiento de los ojos. El seguimiento de los ojos permite a los investigadores estudiar la interacción entre la percepción visual, la lectura y el seguimiento del rendimiento en la tarea, o las relaciones entre el control de los movimientos oculares y la comprensión de la lectura (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013).

**Figura 22.** Movimientos de lectura de un disléxico



**Fuente:** Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013)

En la figura 22 se puede visualizar un mapa de puntos trazados por el sistema de seguimiento visual, de tal forma que se puede conocer las ubicaciones donde niño disléxico se sitúa durante la lectura de un texto (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013).

#### **1.9.6. SMI iView 2K**

Esta solución emplea la emisión de rayos infrarrojos con el fin de detectar el movimiento de los ojos del usuario, por tal motivo se le conoce como eye-tracker no invasivo. SMI iView es utilizado como un método de extracción de características, empleando técnicas de modelado inductivas, por lo que esta solución permite el movimiento de la cabeza del usuario, sin ninguna restricción (Van Bergen, 2016).

**Figura 23.** Equipo SMI iView 2K



**Fuente:** Van Bergen (2016)

La solución cuenta una interfaz para ser integrado con diferente software como C++ y .Net, además también permite el acceso remoto, además de la capacidad de mantener el control del rastreador ocular utilizando como interfaz de comunicación la red inalámbrica. Para lograr una buena solución generalmente se utilizan herramientas de pre procesamiento de

datos, posteriormente pasa por una fase de modelado y clasificación de datos, empleando un algoritmo genético Niching (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013).

#### **1.9.7. Soluciones de Ocide Asesores**

Son sistemas desarrollados por la empresa Ocide Asesores a partir de investigaciones realizadas en la Universidad de la Laguna desde el 2004. Estas aplicaciones utilizan la técnica de inteligencia artificial denominada Sistemas Expertos. Desarrollando dos herramientas basadas en software para la evaluación y terapia de la dislexia, con contenido multimedia y diseñados a modo de videojuegos. La primera aplicación sirve para evaluar la conducta lectora, así como los procesos cognitivos implicados en la lectura, de niños en educación primaria. La aplicación permite, que una vez se finalicen las pruebas, se pueda registrar el perfil e informe específico para cada alumno. Este informe detalla la puntuación obtenida en cada una de las asignaciones y en los procesos cognitivos, así como la interpretación del puntaje obtenido, finalmente se presentan recomendaciones en función a los resultados logrados por el alumno (OCIDE, 2011).

**Figura 24.** Pantalla de inicio de SICOLE-R



**Fuente:** OCIDE (2011).

Con los resultados obtenidos en la primera aplicación es posible el entrenamiento de los procesos cognitivos de la lectura que necesitan mayor refuerzo, de tal forma que el alumno pueda resolver los obstáculos presentados en las diferentes actividades planteadas por el sistema. Según OCIDE (2011) los principales procesos cognitivos que se trabajan con este sistema son:

- Procesos de percepción del habla.
- Conciencia fonológica.
- Procesamiento ortográfico.
- Procesamiento sintáctico.
- Comprensión lectora.

Como podemos apreciar esta solución basada en sistemas inteligentes, se complementa brindando la ayuda que los alumnos de primaria con dislexia necesitan para el aprendizaje de lectura. Entre las características que tienen estas soluciones es que han sido diseñadas para utilizarse en el aula de estudio, siempre supervisadas por un docente, brindándole las herramientas adecuadas para su configuración y seguimiento.

De acuerdo a lo revisado, podemos apreciar que existen diversas soluciones basadas en técnicas de inteligencia artificial, para ayudar al aprendizaje de lectura a los niños que tienen dislexia. Estos software no son solo aplicaciones sencillas o aisladas de apoyo en la terapia, sino que muchas veces son sistemas de información integrales que manejan diversos procesos educativos, como son: la identificación y seguimiento individual del avance del alumno, el reconocimiento de deficiencias a ser tratadas y la terapia de aprendizaje de lectura según las necesidades del niño. Como vemos la tesis propuesta es viable ya que a partir de estos sistemas educativos vamos a seleccionar dos de ellos y realizar una comparación, basada en bibliografía y recomendaciones de expertos. De igual forma podemos concluir que otros procesos cognitivos básicos como la atención, concentración, memoria, entre otros pueden ser desarrollados con el apoyo de estas aplicaciones inteligentes.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología propuesta se enfoca en cumplir el objetivo general planteado en esta tesis, por tal motivo para lograr cumplir con este objetivo se desarrollará cada uno de los objetivos específicos de la siguiente forma:

- Para el primer objetivo se empleará una técnica de recojo de datos directa, desarrollando un inventario de las principales características que tienen los sistemas de información educativos inteligentes que sirven como apoyo a los niños con dislexia. Para verificar que estos datos son correctos se utilizarán las entrevistas a llevarse a cabo en CPAL, con los especialistas en dislexia. Ya que ellos nos brindarán las características que deben tener las herramientas que se emplean para la enseñanza de lectura en niños de primaria con dislexia.
- Para conseguir nuestro segundo objetivo se empleará la técnica de recojo de datos directa, desarrollando un inventario de las principales dificultades que pueden abordar los sistemas inteligentes para ayudar al aprendizaje de la lectura. Este recojo de datos se realizará de varias fuentes de información o instrumentos. Al igual que el objetivo anterior las entrevistas semiestructuradas o en profundidad con los especialistas deben ayudar a conocer las deficiencias que pueden ser tratadas con las herramientas que se emplean en CPAL.
- Finalmente para el desarrollo de la comparación cualitativa y cuantitativa se realizará un análisis de datos, donde se observará con detalle el contenido de los documentos, mediante los siguientes pasos propuestos por Mucchielli (1998):
  - Elaboración de un inventario.
  - Búsqueda de información dentro de los documentos.
  - Interpretar el sentido de la información presentada

Estos pasos se aplicarán sobre los documentos o información recolectada previamente, ya revisada bajo los criterios de los primeros objetivos específicos. La comparación cualitativa estará centrada en cumplir los dos primeros objetivos, como son las técnicas y

deficiencias que presenta la dislexia en niños en edad escolar. La comparación cuantitativa se realizará sobre las características modulares del software. La aplicación de los instrumentos estará enfocada especialmente en dos ámbitos: el docente y el padre de familia. Es importante considerar esta división, ya que los sistemas educativos y el punto de vista de los apoderados de los alumnos, tiene un enfoque diferente según sus necesidades y expectativas.

### 1.10. Procedimientos para la validación de los instrumentos

Como indicamos en el subtítulo anterior esta tesis tiene varios instrumentos a tomar en cuenta: Revisión de publicaciones, análisis de documentos y entrevistas. Por tal motivo para una validación adecuada de los instrumentos propuestos podemos realizar diversos pasos, con el fin de verificar si existe coherencia entre los objetivos, variables e información recuperada. A continuación mencionaremos los pasos que consideraremos en la investigación siguiendo el modelo propuesto por Diaz (2007):

- A. Revisar la matriz de coherencia con el fin de tener claro el objetivo, las variables o categorías de la investigación. De esta forma se puede asegurar que el instrumento que se construya tenga coherencia con las variables y el objetivo. Por ejemplo:

**Tabla 2.**Ejemplo de Matriz de Coherencia

<b>Objetivo</b>	<b>Variables</b>	<b>Subvariables</b>	<b>Instrumento</b>
Verificar qué dificultades del aprendizaje de la lectura pueden compensar los sistemas inteligentes.	Déficit en la velocidad de procesamiento	Relevante para la dislexia	Encuesta

Según lo definido podemos evaluar la coherencia entre los dos primeros objetivos de esta tesis, las variables o factores propios de la dislexia, el instrumento propuesto y la fuente de información.

- B. Considerando la matriz de coherencia elaborar una nueva matriz que permita la organización de las preguntas que serán parte del instrumento, según variables o categorías. Siguiendo el ejemplo del punto A, podemos contar con esta muestra de la matriz:

**Tabla 3.**Ejemplo de Matriz de Preguntas

<b>Instrumento</b>	<b>Variables</b>	<b>Subvariables</b>	<b>pregunta</b>
Encuesta	Déficit en la velocidad de procesamiento	Relevante para la dislexia	¿El software que usa su hijo lo ha ayudado a mejorar la velocidad de lectura?

Se debe considerar que cada pregunta debe corresponder a un indicador o a varios de ellos. De la misma forma, pueden formularse varias preguntas por cada indicador. Lo importante es que las preguntas formuladas recojan la información que se necesita, con el fin de conocer el objeto de estudio y así lograr el objetivo propuesto en la investigación.

- C. Para el caso de la técnica de la entrevista semiestructurada, se debe considerar que las preguntas deben formularse en forma clara y concisa, sin ambigüedades. Cuando se utilizan entrevistas, lo recomendable es utilizar preguntas abiertas. En el caso de cuestionarios preparados para la entrevista se puede elegir entre preguntas abiertas o cerradas. Al formular cada pregunta se debe evitar insinuar u orientar hacia la respuesta que le gustaría escuchar al investigador o es de nuestros intereses.
- D. En la redacción de las preguntas es importante tener en cuenta a los sujetos a quienes está dirigido este instrumento, en nuestro caso a padres de familia y a docentes. Asimismo, debemos emplear un vocabulario que asegure la comprensión de las preguntas. Por ejemplo no realizando preguntas técnicas a los padres y docentes. Para el caso de los padres de familia no emplear términos pedagógicos.
- E. Una vez elaborado el listado de preguntas se procede a diseñar el instrumento. Para ello, es necesario ordenar cada punto de acuerdo a los criterios establecidos. Por ejemplo se puede ordenar de los más sencillos a los más complejos, de los más personales a los más abstractos o



viceversa. Se puede considerar una organización basada en áreas o secciones.

- F. Una vez se tenga definido el orden de las preguntas, se define el formato y la estructura del instrumento. El formato elegido debe permitir un fácil manejo y uso óptimo durante la aplicación del instrumento y posterior organización de la información.
  
- G. Planificar la administración del instrumento o las preguntas. Aquí se deben seleccionar a las personas a las que se les aplicará el instrumento. Contactarse con ellas. Solicitar los permisos necesarios y explicar los objetivos de la investigación. Considerar el tiempo previsto para la aplicación del instrumento. Considerar la disposición y disponibilidad de personas que participara en la aplicación del instrumento. Tomar en cuenta los recursos necesarios tales como grabadora, micrófono, cuestionarios, guías de entrevistas, papeles, lapiceros, entre otros, según sea el caso. Para nuestro caso las entrevistas y observaciones serán más útiles si se llevan a cabo en el centro de estudio del niño o donde tiene acceso a los sistemas inteligentes.
  
- H. Para contar con una verificación válida es posible que sea necesario contar con el juicio de expertos, tanto en sistemas inteligentes como en la educación de niños con dislexia. Por tal motivo será necesario seleccionar a dos o tres expertos que conozcan del tema en investigación. Para facilitar la aplicación del instrumento es importante presentar el problema que se desea resolver y los objetivos de la investigación, y desde luego quién estaría dirigido. Por lo cual podemos utilizar las matrices definidas en los puntos anteriores.

Considerando estos pasos podemos validar nuestros instrumentos propuestos en esta tesis, tomando en cuenta para cualquier definición o revisión el objetivo general y el tema propuesto (Díaz, 2007).

## **1.11. Entrevista**

Para realizar las entrevistas se utilizó la técnica de entrevistas semiestructuradas, ya que brindan la oportunidad de levantar mayor información, así como detallar o especificar ciertos puntos importantes durante la entrevista, al proponer preguntas de acuerdo a las respuestas es posible plantear una conversación más dinámica y captar mayor información. A continuación mencionaremos la preparación que utilizamos en la entrevista.

### **1.11.1. Preparación de la entrevista**

Para llevar a cabo la entrevista lo más adecuado es definir los puntos necesarios que se deben considerar en la entrevista, como son los objetivos, personas y recursos donde aplicar las entrevistas. A continuación los detallaremos uno a uno:

- **Objetivos de la entrevista**

La entrevista planteada tiene como puntos principales:

- Determinar qué tipo de herramientas que emplea CPAL para apoyar a los niños con dislexia.
- Conocer las técnicas que utilizan las herramientas para ayudar en la lectura de niños de primaria con dislexia.
- Conocer los déficits que abordan las herramientas utilizadas por CPAL.
- Conocer los detalles que deben tener las terapias de lectura para niños de primaria con dislexia.
- Conocer si las herramientas de apoyo a los niños con dislexia en CPAL se basan en software.
- Conocer si las herramientas de apoyo a los niños con dislexia mejoran al aprendizaje en la lectura.
- Conocer el número de sesiones a partir de las cuales los niños con dislexia han mejorado su aprendizaje de la lectura.

- **Personas a ser entrevistadas**

Como indicamos en el párrafo anterior las personas a ser

entrevistadas serán en primer lugar los docentes de CPAL que están a cargo de utilizar las herramientas para el apoyo de los niños con dislexia, con dos entrevistados, el segundo grupo serán los padres de los niños que actualmente están cursando las terapias, con padres. Es importante considerar ambos enfoques para contar con el punto de vista de los profesionales a cargo de la terapia, como de los padres que verifican el avance en sus hijos día a día. Las personas a ser entrevistas fueron seleccionadas por CPAL. Para la gestión de permisos de la entrevista se recibió apoyo de la maestría cursada. La carta enviada se puede observar en los anexos.

- Localizar el lugar donde llevar a cabo las entrevistas  
Las entrevistas se llevarán a cabo en las instalaciones del colegio asignado por CPAL, en horarios brindados por la institución de acuerdo a la disponibilidad de los especialistas.
- Recursos a utilizar en las entrevistas  
Se ha considerado para la entrevista emplear un cuestionario guía con las preguntas principales a realizar, lapicero para realizar las anotaciones de las ideas principales brindadas por docentes y/o padres, finalmente se ha utilizado una grabadora, de esta forma nos aseguramos no dejar pasar cualquier información brindada por los entrevistados.

### **1.11.2. Preguntas de la entrevista**

A continuación mostraremos las preguntas que formaron parte de la entrevista semiestructurada que se llevó a cabo en CPAL y su relación con los objetivos de la investigación y las variables propuestas. Las preguntas se han separado de acuerdo al entrevistado, en este caso docentes y padres de familia:

**Para ser aplicada a docentes:**

**Tabla 4.**Relación de objetivos, variables y preguntas para la entrevista a docentes

Objetivo de la investigación	Objetivo de la entrevista	Variables sobre las que indaga	Subvariables sobre las que indaga	Preguntas o ítems
<p><b>O1:</b> Precisar qué características presentan los sistemas de información inteligente que sirven para la enseñanza de la lectura a niños con dislexia.</p>	<p>Conocer las herramientas y el tipo de tecnología que emplea CPAL para el apoyo del aprendizaje de lectura en niños con dislexia.</p>	<p>Factores técnicos de los sistemas que ayudan a la enseñanza de lectura</p>	<p>Factores pedagógicos y factores de usabilidad de los sistemas</p>	<p><i>¿Algunas de las herramientas que se utilizan para la enseñanza de la lectura, se aplican mediante juegos?</i></p> <p>Si la respuesta es afirmativa:</p> <p><i>¿En qué tipo de herramientas o terapias se utilizan las estrategias de juegos?</i></p> <p><i>¿Las herramientas que se utilizan para la enseñanza de la lectura, tienen alguna estrategia u orden para la elección de palabras, sílabas o fonemas?</i></p> <p><i>¿Las herramientas que se utilizan pueden adaptarse directamente a las necesidades del niño en su aprendizaje de lectura o necesitan un proceso previo de recopilación de información del niño?</i></p> <p><i>¿Según la herramienta empleada para la enseñanza de lectura, existe un control del avance de cada uno de los niños?</i></p>

				<p><i>¿Según el avance del niño, las herramientas se adaptan a las necesidades del niño en su aprendizaje de lectura?</i></p> <p><i>¿Conoce herramientas basadas en software?</i></p>
--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Objetivo de la investigación	Objetivos de la entrevista	Variables sobre las que indaga	Subvariables sobre las que indaga	Preguntas o ítems
<p><b>O2:</b> Verificar qué dificultades del aprendizaje de la lectura pueden compensar los sistemas de información inteligentes.</p>	<p>Conocer las técnicas que emplea CPAL en el apoyo del aprendizaje de lectura</p> <p>Conocer las dificultades del aprendizaje</p>	<p>Técnicas de aprendizaje de lectura en niños con dislexia que utilizan los sistemas</p> <p>Dificultades que influyen en el aprendizaje</p>	<p>Técnicas para desarrollar el conocimiento metafonológico y para la discriminación auditiva</p> <p>Déficit fonológico, en la velocidad de</p>	<p><i>¿Qué herramientas basadas en software se emplean para ayudar a al aprendizaje de la lectura a los niños con dislexia?</i></p> <p><i>¿Cuáles son las herramientas que más se utilizan en la terapia para niños que recién empiezan a leer? ¿Cuál es el motivo de mayor uso?</i></p> <p><i>¿Qué técnicas del aprendizaje de la lectura utilizan las herramientas mencionadas en los niños con dislexia?</i></p> <p><i>¿Cuáles son las técnicas que más se utilizan en la terapia para niños que recién empiezan a leer?</i></p> <p><i>¿De las técnicas mencionadas en la pregunta anterior, que tipo de déficits tratan en el niño con dislexia?</i></p> <p><i>¿En qué aspectos estas herramientas ayudan a mejorar la</i></p>

	de lectura que son tratadas en CPAL ya sean mediante software o herramientas mecanizadas	de la lectura de los estudiantes con dislexia.	procesamiento, procesamiento temporal y doble déficit	<i>lectura en los niños, tal vez precisión, velocidad, etc.?</i>
	Conocer el número de sesiones a partir de las cuales los niños con dislexia han mejorado su aprendizaje de la lectura.			<i>¿Cuántas sesiones usualmente son necesarias para ayudar a aprender a leer a los niños con dislexia?</i>

Fuente: Elaboración propia

### Para aplicar a padres de familia:

**Tabla 5.** Relación de objetivos, variables y preguntas para la entrevista a padres de familia

Objetivo de la investigación	Objetivo de la entrevista	Variables sobre las que indaga	Subvariables sobre las que indaga	Preguntas o ítems
<b>O1:</b> Precisar qué características presentan los sistemas de información inteligente que sirven	Conocer las herramientas y tecnología que emplea CPAL para el apoyo del aprendizaje de lectura en niños con	Factores técnicos de los sistemas que ayudan a la enseñanza de lectura	Factores pedagógicos y factores de usabilidad.	<i>¿Sabe qué herramientas emplean para ayudar al aprendizaje de la lectura en su hijo?</i>  <i>¿Alguna de las</i>

<p>para la enseñanza de la lectura a niños con dislexia.</p>	<p>dislexia.</p>			<p><i>herramientas para enseñar a leer a su hijo, requiere que se utilice o refuercen en casa?</i></p> <p>Si la respuesta es afirmativa:</p> <p><i>¿El refuerzo en casa es opcional o permanente?</i></p>
--------------------------------------------------------------	------------------	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>O2:</b> Verificar qué dificultades del aprendizaje de la lectura pueden compensar los sistemas de información inteligentes.</p>	<p>Conocer si las herramientas de apoyo a los niños con dislexia han mejorado al aprendizaje en la lectura.</p> <p>Conocer el</p>	<p>Dificultades que influyen en la lectura de niños con dislexia.</p>	<p>Déficit fonológico, en la velocidad de procesamiento, procesamiento temporal y doble déficit</p>	<p><i>¿Ha notado mejoras en su hijo en cuanto al desarrollo de la lectura?</i></p> <p>Si la respuesta es afirmativa:</p> <p><i>¿En qué aspectos ha notado mejoras en la lectura de su hijo? ¿Tal vez lee con mayor precisión? ¿Lee con mayor velocidad? ¿Tal vez discriminar mejor los sonidos y las palabras correspondientes?</i></p> <p><i>¿Cuánto tiempo después de iniciada la terapia ha percibido las mejoras?</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>número de sesiones a partir de las cuales los niños con dislexia han mejorado su aprendizaje de la lectura.</p> <p>Determinar si es que las terapias han ayudado al niño en otros ámbitos que no son directamente la lectura (personalidad, sociabilización, timidez, etc.)</p>			<p><i>Ha notado mejoras en su hijo en otros aspectos de su personalidad, como tal vez mayor confianza en su mismo, mayor integración con su grupo de amigos o más ganas de asistir al colegio</i></p> <p><i>¿Desea agregar algún comentario respecto a la terapia que recibe su hijo?</i></p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

### 1.11.3. Presentación de la entrevista

A continuación mostraremos el formato y las preguntas que formaron parte de la entrevista según el orden en que se presentaron a los participantes, y algunas indicaciones previas para que comprender claramente lo que se desea preguntar:

**PARA LOS DOCENTES:**



Esta entrevista fue diseñada para conocer las herramientas que se utilizan para enseñar a leer a los niños dislexia en los primeros grados de educación primaria, estas herramientas son las estrategias que se han diseñado con este fin. Las herramientas contienen las técnicas que se emplean para ayudar al niño con los déficits que tiene propios de la dislexia, por ejemplo déficit fonológico o de velocidad de procesamiento. A continuación procederemos con las preguntas:

1. *¿Qué herramientas se emplean para ayudar a al aprendizaje de la lectura a los niños con dislexia? D1*
2. *¿Cuáles son las herramientas que más se utilizan en la terapia para niños que recién empiezan a leer? ¿Cuál es el motivo de mayor uso? D2*
3. *¿Qué técnicas del aprendizaje de la lectura utilizan las herramientas mencionadas en los niños con dislexia? D3*
4. *¿Cuáles son las técnicas que más se utilizan en la terapia para niños que recién empiezan a leer? ¿Cuál es el motivo de mayor uso? D4*
5. *¿De las técnicas mencionadas en la pregunta anterior, que tipo de déficits tratan en el niño con dislexia? D5*
6. *¿En qué aspectos estas herramientas ayudan a mejorar la lectura en los niños, tal vez precisión, velocidad, etc.? D6*
7. *¿Algunas de las herramientas que se utilizan para la enseñanza de la lectura, se aplican mediante juegos? D7*

Si la respuesta es afirmativa:

8. *¿En qué tipo de herramientas o terapias se utilizan las estrategias de juegos? D8*
9. *¿Las herramientas que se utilizan para la enseñanza de la lectura, tienen alguna estrategia u orden para la elección de palabras, sílabas o fonemas? D9*
10. *¿Las herramientas que se utilizan pueden adaptarse directamente a las necesidades del niño en su aprendizaje de lectura o necesitan un proceso previo de recopilación de información del niño? D10*

11. *¿Según la herramienta empleada para la enseñanza de lectura, existe un control del avance de cada uno de los niños? **D11***
12. *¿Según el avance del niño, las herramientas se adaptan a las necesidades del niño en su aprendizaje de lectura? **D12***
13. *¿Cuántas sesiones usualmente son necesarias para ayudar a aprender a leer a los niños con dislexia? **D13***
14. *¿Conoce herramientas basadas en software? **D14***

### **PARA LOS PADRES DE FAMILIA**

En esta entrevista buscamos conocer las herramientas que se utilizan para enseñar a leer a sus hijos, estas herramientas son las estrategias que se han diseñado con este fin y reciben como terapia en cada visita. De igual forma deseamos saber su opinión si la terapia ha dado resultado y en cuanto tiempo ha visto mejoras. A continuación iniciaremos con las preguntas:

1. *¿Sabe qué herramientas emplean para ayudar al aprendizaje de la lectura en su hijo? **P1***
2. *¿Alguna de las herramientas para enseñar a leer a su hijo, requiere que se utilice o refuercen en casa? **P2***

Si la respuesta es afirmativa:

3. *¿El refuerzo en casa es opcional u obligatorio? **P3***
4. *¿Ha notado mejoras en su hijo en cuanto al desarrollo de la lectura? **P4***

Si la respuesta es afirmativa:

5. *¿Cuánto tiempo después de iniciada la terapia ha percibido las mejoras? **P5***
6. *¿En qué aspectos ha notado mejoras en la lectura de su hijo? **P6***
  - *¿Tal vez lee con mayor precisión?*
  - *¿Lee con mayor velocidad?*
  - *¿Tal vez discriminar mejor los sonidos y las palabras correspondientes?*

7. *Ha notado mejoras en su hijo en otros aspectos de su personalidad, como tal vez mayor confianza en su mismo, mayor integración con su grupo de amigos o más ganas de asistir al colegio. P7*
8. *¿Desea agregar algún comentario respecto a la terapia que recibe su hijo? P8*

#### **1.11.4. Validación de la entrevista**

La validación de las preguntas a realizarse se llevó a cabo con los especialistas de esta maestría, la Mg. Giannina Bustamante Oliva y la Mg. Magaly Carpio, luego de que sus correcciones y observaciones fueron levantadas, se procedió a aplicarse en el colegio asignado por CPAL.

### **1.12. Revisión bibliográfica de documentos referidos a sistemas propuestos**

A continuación definiremos algunos puntos importantes para la elaboración y análisis de la revisión bibliográfica

#### **1.12.1. Enfoque existente al problema propuesto**

Como se revisó en capítulos anteriores, en la actualidad el apoyo al aprendizaje de lectura para niños con dislexia está basado en sistemas de información inteligente, estas aplicaciones utilizan técnicas de inteligencia artificial para lograr su objetivo, ya que es necesario ir brindándole al alumno los ejercicios necesarios y adecuados según va avanzando con el aprendizaje de lectura. Como indica la publicación de Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013) existen muchas técnicas de inteligencia artificial que pueden emplearse en aplicaciones para el diagnóstico y terapia de la dislexia, como son: las redes neuronales, algoritmos genéticos, sistemas expertos, aprendizaje automático, etc. Luego de realizar la revisión bibliográfica se pudo observar algunas características importantes sobre el uso y evolución de las aplicaciones inteligentes aplicadas a la dislexia:

- La primera utilidad que se encontró a los sistemas inteligentes para apoyar a los niños con dislexia fue la detección, por tal motivo se utilizaron métodos veloces y que brinden buenos resultados. Uno de las familias algorítmicas más empleados son la bioinspirada. En lo que respecta a esta técnica de inteligencia artificial podemos notar que experimentalmente se utilizan los algoritmos genéticos, como una herramienta rápida y eficiente en esta tarea. Estas investigaciones las podemos ver en las publicaciones de Pires y Pérez (2016) o Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013), es importante recordar que estos sistemas son muy rápidos y no demandan mucho tiempo para su desarrollo e implementación. De igual forma también existe un segundo grupo muy utilizado tanto experimentalmente como comercialmente para la detección de la dislexia, como son los algoritmos basados en redes neuronales, los cuales los podemos revisar en las publicaciones de Drigas y Dourou (2013); Relloet *al.* (2016); (Palacio, Leguizamo y Piñeros, 2013). El uso de esta técnica requiere de un entrenamiento previo del algoritmo pero posteriormente brinda muy buenos resultados comparados con otras técnicas de inteligencia artificial.
  
- La utilidad más importante que actualmente tienen los sistemas inteligentes es el apoyo en el aprendizaje de lectura para personas que tienen dislexia, en especial en los niños en edad escolar de nivel primaria. Luego del desarrollo del marco teórico, podemos observar que las técnicas más usadas para ayudar al aprendizaje de lectura en niños de habla hispana son las siguientes:
  - Sistemas Expertos: este es uno de los primeros métodos implementados en los sistemas de información inteligente, ya que requiere especialmente de una base de conocimiento brindado por un especialista y un motor de inferencia. Para la aplicación en niños podemos ver los desarrollos realizados con fines experimentales y comerciales como el Software Multimedia “Mi día” de Espinoza y Viera (2004); el artículo

“Diagnóstico y tratamiento computarizado de la dislexia en español” presentado por Moreno, González, Estévez, Muñoz y Alayón (2004) donde se explica cómo las estrategias pedagógicas se pueden emplear en los sistemas expertos, que posteriormente se convertiría en el software experimental SICOLE; la publicación “Validez discriminante de la batería multimedia SICOLE-R primaria para la evaluación de procesos cognitivos asociados a la dislexia” desarrollada por Jiménez *et al.* (2009) que presenta una actualización del sistema SICOLE publicado en el 2004 y que sigue vigente hasta la actualidad. Este último sistema SICOCEL-R se ha convertido en un software comercial, que se ofrece como apoyo para los docentes en la enseñanza de lectura para niños con dislexia.

- Algoritmos bioinspirados basados en redes neuronales con la evolución de las computadoras y su capacidad de procesamiento, los algoritmos basados en redes neuronales inician un gran desarrollo en diferentes ámbitos, y el apoyo a la enseñanza de lectura para disléxicos es uno de ellos. Esta evolución la podemos ver en el asistente para niños con dislexia JollyMate presentado por Khakhar y Madhvanath (2010) con el apoyo de HP Labs de la India; en la publicación de Drigas y Dourou (2013) donde se propone la detección y tratamiento de diferentes dificultades del aprendizaje; de igual forma la investigación de Palacio, Leguizamo y Piñeros (2013) donde se revisan diferentes soluciones basados en redes neuronales basadas en software y hardware; la organización ChangeDyslexia quien con el apoyo de la firma Samsung ha desarrollado las aplicaciones Dyetective para el diagnóstico de la dislexia y también el sistema inteligente Dyetective U para mejorar el aprendizaje de lectura y escritura en los niños con o sin dislexia.

Como podemos apreciar los sistemas inteligentes se han desarrollado en los últimos 15 años, utilizando diferentes técnicas de inteligencia artificial

como son los sistemas expertos, algoritmos genéticos y algoritmos de redes neuronales. El éxito de estos sistemas ha sido tan bueno que han ido evolucionando desde artículos y aplicaciones académicas, luego han evolucionado a software experimental, hasta convertirse en software comercial, que ya requieren un costo para su uso. Por tal motivo nuestra comparación se realizará sobre los sistemas inteligentes basados en sistemas expertos versus los basados en redes neuronales, ya que ambos son los que más han evolucionado para el habla hispana.

### **1.12.2. Selección de Sistemas de informaciones inteligentes**

Para la selección de los sistemas inteligentes y las correspondientes publicaciones que compararemos, se han considerado los siguientes aspectos basados en los objetivos trazados en el trabajo de tesis:

- Deben aplicarse a niños en edad escolar necesariamente, de acuerdo al tema de tesis y al marco conceptual, que fundamenta esta edad para la terapia de la dislexia.
- Deben haberse aplicado al idioma español, de acuerdo al tema de tesis propuesto.
- Deben haber pasado por una fase de académica o experimental, como propuesta basada en inteligencia artificial.
- Deben haberse implementado y probado en alumnos en edad escolar, para ser viable su comparación.
- Deben abordar los procesos cognitivos de lectura, en relación con los objetivos propuestos.
- Deben mostrar claramente las deficiencias que ayudan a reforzar al utilizar el software propuesto.
- Deben ser sistemas que su uso o vigencia, no sea mayor a 3 años.
- Cada sistema seleccionado debe haberse implementado con una técnica de inteligencia artificial diferente, uno con un sistema experto y el otro utilizando una red neuronal.

Luego de la revisión bibliográfica y posterior construcción del marco teórico, se ha logrado seleccionar dos sistemas inteligentes que

cumplen con todas los aspectos mencionados, cabe resaltar que también se encontraron algunos sistemas muy buenos, pero que solo han sido aplicados en el idioma inglés, otros que solo se han desarrollado como software académico, otros nunca han sido probados, y algunos otros que tienen más de 3 años de antigüedad sin ser utilizados. Según lo expuesto los dos sistemas inteligentes a comparar son los siguientes:

**Tabla 6.** Sistemas inteligentes a ser comparados

Sicole-R	Sistema Experto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico y tratamiento computarizado de la dislexia en español (Moreno, González, Estévez, Muñoz y Alayón, 2004)</li> <li>• Validez discriminante de la batería multimedia SICOLE-R primaria para la evaluación de procesos cognitivos asociados a la dislexia (Jiménez <i>et al.</i> 2009)</li> </ul>	2017
DytectiveU	Redes neuronales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dytective: Diagnosing Risk of Dyslexia with a Game (Rello <i>et al.</i>, 2016).</li> <li>• Dytective U para familias (Rello, 2017).</li> </ul>	2017

Fuente: Elaboración propia

Como podemos visualizar en el cuadro anterior se han considerado dos sistemas vigentes, ambos han evolucionado desde propuestas académicas hasta sistemas comerciales. Por tal motivo tienen más de una publicación relacionada que nos ha servido de base para la comparación. De igual forma cuentan con manuales de usuario en línea, videos publicados en internet donde se puede apreciar su uso y principales beneficios, así como diversas páginas académicas que los toman como referentes en la terapia de la dislexia.

### **1.12.3. Validación de la matriz de comparación**

La validación del contenido a considerarse como parte de la matriz de comparación cualitativa y cuantitativa fue revisada por especialistas tanto en Ingeniería Informática como el Dr. Manuel Tupia y la Mg. Magaly Carpio. El contenido pedagógico fue validado por la Mg. Giannina Bustamante Oliva y la Mg. Sonia Ascue. Luego de considerar las observaciones de los especialistas se procedió a realizar la comparación de los dos sistemas inteligentes.

## **2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo revisaremos los resultados, luego de la aplicación de las dos herramientas empleadas. La primera la entrevista de los docentes en la enseñanza de lectura en niños de educación primaria con dislexia y la segunda la matriz de comparación para la revisión cualitativa y cuantitativa de las características de los sistemas educativos propuestos. En ambos casos primero se mostrará los resultados y luego se procederá al análisis de la información.

### **2.1. Aplicación de la entrevista**

A continuación mostraremos las respuestas brindadas por los docentes a las preguntas planteadas en la entrevista. Cabe destacar que debido a restricciones indicadas por CPAL, solo se llevaron a cabo dos entrevistas a docentes, ya que no se permitió aplicar estas herramientas a los padres de familia o ampliar la cantidad de entrevistados. Afortunadamente los objetivos trazados al aplicar esta herramienta son cubiertos por la entrevista realizada a los docentes, ya que ellos conocen con mayor detalle la enseñanza de lectura a los niños con dislexia.

Finalmente a pesar de las restricciones indicadas para aplicar el instrumento, se obtuvo información valiosa de los docentes de CPAL. Otro detalla a resaltar que fue notorio durante las entrevistas, es que al ser profesores de la misma institución los datos brindados son bastante similares, ya que se mantiene un estándar para aplicar las terapias a los alumnos.



**Tabla 7.** Respuestas de la entrevista a docentes

Preguntas	Docente 1 (D1)	Docente 2 (D2)
D1	Utiliza herramientas como powerpoint o prezi, la segunda permite al alumno interactuar con equipos móviles directamente, además emplea algunas apps para Android, no se tiene un software de aplicación especializada.	Se utilizan con herramientas como fichas con letras y powerpoint, especialmente para trabajar los fonemas.
D2	Las más usadas son las apps ya que están basadas en juegos y presentan diferentes niveles de dificultad que el docente puede aplicar al alumno.	Las más usada es el powerpoint, ya que permite graduar los tiempos de aparición de letras y se pueden realizar diferentes ejercicios empleando sonidos e imágenes.
D3	Se aplican en dos campos en el aspecto fonológico y en el aspecto visual, antes la mayoría se centraban en el aspecto visual pero se descubrió que no es así siempre.	Se les denomina rutas de aprendizaje de lecto-escritura, las cuales son dos la fonológica la cual ayuda a reforzar la relación grafema fonema y la parte visual que ayuda a acelerar la velocidad de la lectura.
D4	Depende de cada alumno, ya que se debe trabajar en el aspecto que necesita mayor apoyo o refuerzo.	En la mayoría de niños que están empezando a leer la ruta que más se trabaja es la fonológica, ya que ayuda a la exactitud e incrementa su vocabulario. Según va avanzado se debe brindar mayor fuerza la ruta visual.
D5	Los déficits los agrupan principalmente en fonológicos y visuales. Existen alumnos que presentan un tipo de estos grupos o ambos.	Según los dos grupos que se trabajan los déficits que se abordan son la precisión y la velocidad de la lectura.
D6	El déficit que se trabajo es la decodificación de la fluidez de la lectura, con el objetivo de mejorar la comprensión de lo que lee, que es lo más importante para el alumno, ya que no importa si lee bonito o feo, si no que entienda lo que lee.	Como se indicó en la respuesta anterior los déficits que se trabajan especialmente son el de exactitud y el de velocidad. Con el tiempo el alumno mejora en la exactitud, gracias al trabajo realizado en la ruta fonológica. En la velocidad el alumno puede tener problemas cada vez que encuentra una palabra nueva.

D7	Sí, ya que capta la atención del niño rápidamente.	Si, ya que el alumno aprende jugando o realizando actividades que le son divertidas.
D8	La técnica de utilizar juegos se utiliza siempre en las herramientas de apoyo en la lectura, ya sea en apps o en las presentaciones con las que trabaja el alumno.	Una de las herramientas muy utilizadas se presenta mediante pupiletras, ya que le muestra a un niño de como completar esta palabra, desde luego evitando diagonales o palabras a la inversa. Otro juego muy usado es la sopa de letras.
D9	Si, para niños de educación primaria la estrategia que más se utiliza es la decodificación y como resultado de la misma la comprensión de lo que lee. Según va creciendo estas estrategias cambian y refuerzan otros campos necesarios según su edad o grado escolar.	Si, la estrategia principal es la decodificación y la comprensión de lo que lee. Ya que solo decodificar no ayuda al niño en el futuro. A esta estrategia también se le llama decodificación entendida.
D10	Si se requiere información previa del niño, ya que esta información depende la terapia que se le va a brindar al alumno. Además de los aspectos donde se va a reforzar.	Si es necesario, ya que si se conoce el caso, es posible desarrollar un perfil que ayuda a la aplicación de la terapia al niño, mediante una línea base de apoyo que se le brindará a las dificultades que presenta en la lectura. En algunas oportunidades es necesario aplicar una prueba de entrada.
D11	Sí, siempre se realiza un control de avance de los niños que llevan terapia y según sus necesidades o avance se refuerzan dificultades que presenten en la lectura.	Si, con el control de avance se puede determinar donde se puede reforzar la terapia, de acuerdo a la complejidad que requiera según el grado que este cursando.
D12	Las herramientas con que actualmente se cuentan no se adaptan al alumno de forma automática, por tal motivo los docentes deben llevar el control del desarrollo del alumno, de acuerdo a este, se debe proponer los nuevos ejercicios o retos. A nivel de docencia los especialistas le denominan pasos en la enseñanza de lectura.	Las herramientas no se adaptan en automático, por eso los docentes se encargan de controlar el desarrollo del alumno, especialmente en la complejidad del vocabulario que utiliza de acuerdo al grado del curso.
D13	La terapia puede ser permanente según las	Las terapias son permanentes y se

	necesidades que tiene el alumno a lo largo de sus estudios regulares. El avance depende mucho de la cantidad de veces a la semana que asiste a la terapia. Por ejemplo si asiste tres veces a la semana, con el apoyo de la familia para el refuerzo en casa en un año puede cumplir con los objetivos de lectura para su edad.	pueden dar tanto en primaria, secundaria como en educación superior. Desde luego depende de la ayuda que se le brinde en casa, realizando los ejercicios especificados por el docente. Otro factor que puede demandar más tiempo en las terapias del alumno es si tiene otras dificultades del aprendizaje a parte de la lectura.
D14	Si, apps para equipos móviles para ser empleados en tabletas. Aunque son ejercicios fijos, tienen niveles que se pueden presentar.	Si, software desarrollado en España pero que no se ha probado en las aulas de clase.

Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Análisis de información de la entrevista

A continuación mostraremos los resultados más importantes luego de realizar las entrevistas a los docentes, así como analizar su relación o aplicación, mediante sistemas inteligentes. Es adecuado mencionar nuevamente que no se pudo llevar a cabo la entrevista a los padres de familia por decisión de la institución seleccionada por CPAL, en pleno desarrollo de esta investigación.

**Tabla 8.** Revisión de los resultados de la entrevista a los docentes

Objetivos	Variables relacionadas	Resultados
O2	Técnicas de aprendizaje de lectura en niños con dislexia que utilizan los sistemas	En CPAL La herramienta más utilizada es el powerpoint, especialmente para trabajar los fonemas, ya que brinda la posibilidad de utilizar imágenes, sonidos y manejar tiempos para mostrar las letras. Por ahora no se cuenta con software especializado existen apps que pueden servir como complemento a las presentaciones.
		Las técnicas de aprendizaje denominadas rutas de aprendizaje de lecto-escritura, son dos: la fonológica la cual ayuda a reforzar la relación grafema fonema y la visual que ayuda a mejorar la velocidad de la lectura. Estas dos rutas han sido observadas en los diferentes sistemas inteligentes revisados, por lo cual es viable su

		consideración dentro del software.
		En los niños de primaria que están empezando a leer la ruta que más se trabaja es la fonológica, ya que ayuda a la exactitud de las palabras e incrementa su vocabulario. Según va avanzado se debe brindar mayor fuerza la ruta visual. Muchos de los ejercicios de las aplicaciones consideradas en el marco teórico consideran trabajo fonológico. Por tal motivo está dentro de las consideraciones de los sistemas revisados.
	Dificultades que influyen en la lectura de los estudiantes con dislexia.	Los déficits de lectura para niños se agrupan en fonológicos y visuales, para el caso de niños de educación primaria se trabajan con mayor fuerza la precisión y velocidad de la lectura. El déficit de la precisión es abordado por casi todos los sistemas inteligentes, mientras que la velocidad es solo considerada por algunos.
		El niño con dislexia mediante la ayuda de la terapia mejora en la exactitud de la lectura, gracias al trabajo realizado en la ruta fonológica. En cuanto a la velocidad de lectura el alumno mejora en cuanto no encuentre nuevas palabras, por eso necesario que la terapia se amplíe a lo largo de los estudios según sus necesidades educativas. Los sistemas inteligentes gracias a su capacidad de brindar respuestas según las necesidades pueden variar los ejercicios donde necesiten mayor apoyo. De igual forma las aplicaciones revisadas contienen módulos, lo cual permite al docente poder considerar refuerzos en ciertos déficits si es necesario.
O1	Factores técnicos de los sistemas que ayudan a la enseñanza de lectura	Las herramientas empleadas se presentan como juegos ya que el alumno aprende jugando o realizando actividades que son divertidas. Entre las herramientas que más se emplean se cuentan con apps para tablets que se muestran mediante juegos con varios niveles, de la misma forma se utilizan pupiletras, ya que le muestra al niño el ejercicio de completar palabras. Otro juego muy usado es la sopa de letras, donde el alumno puede buscar las alternativas para formar la palabra que se le ha solicitado. Esta característica es abordada por los sistemas propuestos, los cuales siempre mantienen una

		temática de juegos.
		En específico para niños de educación primaria la estrategia que más se utiliza es la decodificación entendida y como resultado de la misma la comprensión de lo que lee. Según va creciendo estas estrategias cambian y refuerzan otros campos necesarios según su edad o grado escolar.
		Para poder ayudar al niño con la terapia de lectura, es necesario antes de aplicar cualquier herramienta, desarrollar un perfil de ingreso, mediante el cual se traza una línea base, definiendo el apoyo que se le brindará en las dificultades que presenta en la lectura. Esta característica necesaria para iniciar una terapia, puede ser automatizada empleando algoritmos de redes neuronales y herramientas de aprendizaje automático, como es el caso del sistema Dyetective U, para el caso de otras herramientas inteligentes al no contar con este característica lo más adecuado es que se realice un perfil inicial con la ayuda del docente.
		Las herramientas no se adaptan en automático, por eso los docentes deben de controlar el desarrollo del alumno, especialmente en la complejidad del vocabulario que utiliza de acuerdo al grado del curso. Las aplicaciones inteligentes revisadas tienen un nivel de adaptación limitado a la sesión, luego necesitan siempre la asistencia del docente.
		Las terapias son permanentes y se pueden brindar tanto en primaria, secundaria, como en educación superior. Desde luego el avance depende de la ayuda que se le brinde en casa, realizando los ejercicios especificados por el docente, así como la cantidad de veces que asista a la terapia semanalmente. Esto nos muestra que una herramienta más útil para un niño con dislexia será aquella que tenga la capacidad de ayudarlo a lo largo de crecimiento, no solo cuando es niño. La herramienta Dyetective U tiene una capacidad de ser empleada en niños y adultos, por tal motivo responde mejor a este punto.
		Aunque los docentes de CPAL no utilizan software

		especializado para las terapias, si conocen algunos apps para equipos móviles, aunque son fijos y presentan limitaciones pueden ayudar a realizar ciertos ejercicios puntuales determinado por el docente.
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de las entrevistas realizadas en CPAL, podemos concluir que los sistemas inteligentes son aplicables a ayudar la enseñanza de lectura para niños con dislexia, por los siguientes motivos:

- Los métodos de inteligencia artificial pueden adaptarse a las técnicas que se requieren para la enseñanza de lectura, la prueba más importante que notamos, es que las aplicaciones que actualmente se han desarrollado en diferentes países con este fin, ya consideran estas técnicas de lectura para la dislexia en niños, especialmente para la lectura en español.
- Es necesario contar con información del niño que iniciará la terapia, por tal motivo los algoritmos basados en redes neuronales como Dyetective U pueden cubrir este punto tan importante, en otros métodos de inteligencia artificial, es necesario la ayuda del docente.
- Para contar con una herramienta integral es necesario realizar un seguimiento del alumno, por tal motivo las aplicaciones propuestas no pueden ser simples apps o software sencillo. Lo más adecuado es que se desarrollen e implementen sistemas de información completos, como los propuestos en la investigación realizada.
- Los diferentes déficits de la lectura mencionados por los especialistas están cubiertos por los sistemas propuestos para la comparación realizada. En algunos casos los software mencionados también abordan déficits de la escritura.
- Las herramientas deben presentarse como juegos, y es así como es abordada por los sistemas inteligentes que se han propuesto, ya que tienen como población específica a los niños de educación primaria. En esta edad de los alumnos es importante esta característica.

Como podemos apreciar las entrevistas realizadas han sido de mucha utilidad para reforzar las características necesarias, que deben tener los sistemas aplicados a la lectura de niños con dislexia, a pesar que actualmente en CPAL no se cuenta con

estos sistemas es viable su aplicación en la educación primaria. De la misma forma las entrevistas nos han ayudado a reforzar el planteamiento inicial de que no solo se necesita una aplicación de escritorio o app, sino un sistema completo, finalmente el conocer a las especialistas de este centro especializado, nos ayudó a confirmar las limitaciones en cuanto a las técnicas para terapia de la dislexia que necesitamos consideraren los sistemas existentes y las características que necesitan para ayudar a los niños con dislexia para aprender a leer.

Contando con la información recogida a partir de las entrevistas, a continuación desarrollaremos la comparación cualitativa y cuantitativa de los sistemas educativos inteligentes seleccionados.

### 2.3. Comparación Cualitativa

Objetivos de la investigación	Variables	Tipo de Criterios	Criterios	Sistemas de Información que utilizan Redes Neuronales	Sistemas de Información que utilizan Sistema Experto
<p>Precisar qué características presentan los sistemas de información inteligente que sirven para la enseñanza de la lectura a niños con dislexia.</p>	<p>Factores técnicos de los sistemas que ayudan a la enseñanza de lectura</p>	Generales	Nombre de la solución	DydetectiveU	SICOLE-R
		Idioma	El artículo se encuentra en inglés, más los manuales y el software están en español.	El artículo está en español	
		País de procedencia	España	España	
		País de aplicación	España, posteriormente Latinoamérica	España	
		Año de diseño	2015	2004	
		Año de implementación	2016	2006	
		Año de aplicación	2016	2009	
		Año de vigencia	2017 (Este sistema se está comercializando a partir del 2017)	2017 (Este sistema aún se comercializa)	
		Tipo de Publicación	Para la revisión se utilizó un artículo y la información brindada en la página de este software.	Para la revisión se utilizó un artículo y la información brindada en la página de este software.	
		Despliegue	Ámbito de aplicación (Escenario donde se aplica el sistema de información)	Las pruebas con este sistema se realizaron sobre una población de 7 a 70 años, con personas de habla hispana. No se indica cómo se eligió a dicha muestra.	El ámbito que se tomó para probar el sistema fueron alumnos de colegios públicos y privados, de los primeros cursos de educación primaria. Entre los 7 a 12 años con problemas de dislexia ya diagnosticada.
			Tipo de Distribución (Es un sistema comercial, experimental o académico)	Este sistema es un software experimental que nace como un sistema de diagnóstico rápido para la dislexia y se convierte en un sistema para la terapia de la misma. Este software es promocionado por Samsung como herramienta de diagnóstico y terapia de la dislexia.	Este sistema ha pasado por varias fases, inicialmente era un software académico dirigido por la Universidad de Laguna, luego se volvió un sistema experimental al unirse a la empresa OCIDE. En la actualidad es un software comercial.
			Tipo de software	Software Web, accesible desde la página de Dydetective.org. De igual forma también es posible descargar una Aplicación para móvil para Android, desde el Play Store.	Este sistema solo se puede obtener mediante una aplicación de escritorio, por tal motivo cuenta con una lista detallada de los requisitos mínimos para su instalación.
Ubicación de Implementación	Esta solución fue implementada por ChangeDyslexia, con el apoyo de Samsung para sus proyectos de software de diagnóstico y terapia.		El sistema actualmente está siendo distribuido, fue implementado por la empresa OCIDE Asesores, con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Las versiones preliminares fueron implementadas por la Universidad de Laguna.		
Aplicación sobre estudiantes	El sistema se aplica sobre personas en general, sin un grupo en específico. No es necesario utilizarse solo para escolares o personas diagnosticadas con dislexia. Especialmente porque se puede acceder vía web o mediante tabletas.		El sistema se aplica sobre estudiantes de educación primaria pertenecientes a seis colegios públicos y uno privado. Su ámbito de aplicación siempre es colegios de primaria.		
Cantidad de muestra	243 participantes se utilizó para realizar las pruebas de este sistema		La muestra fue de 1,050 alumnos disléxicos.		
Impacto de la aplicación	En cuanto a la detección de personas con dislexia el sistema tiene una precisión de 85%. No hay datos sobre su impacto en la terapia, ya que el proyecto aún está en desarrollo, y no presenta estadísticas de su actual desempeño.		Los resultados al utilizar el sistema permitieron llegar a las siguientes conclusiones: el software permitió detectar el 85% de niños con dislexia, los factores donde mayor impacto tuvo para niños de primer grado fueron la fonología y la sintaxis. Para el segundo grado fueron el acceso al léxico, velocidad de procesamiento, fluidez y ortografía. Para niños de tercer grado el factor donde tuvo mayor impacto fue la fluidez y el acceso al léxico. Con estos resultados el sistema demuestra que es eficiente para diferentes grados de primaria y en distintas variables propias de la dislexia.		
<p>Verificar qué dificultades del aprendizaje de la lectura pueden compensar los sistemas de información inteligentes</p>	<p>Técnicas de aprendizaje de lectura en niños con dislexia que utilizan los sistemas inteligentes</p>		Pedagógicos	Técnicas de aprendizaje utilizadas	Las técnicas del aprendizaje que utiliza se aplican especialmente a la fonología, percepción visual y auditiva. Lo cual es correcto para el apoyo al aprendizaje de lectura aplicado a la dislexia.
		Uso de técnicas no sistematizadas		No se indican, ya que el sistema es para uso del alumno y seguimiento de sus padres o docente. Pero no es parte de una terapia formal. Aunque gracias su módulo de seguimiento puede ser utilizado por docentes o especialistas en dislexia sin problemas.	El artículo no indica que técnicas no sistematizadas deba emplear el docente, pero sí que el sistema debe estar complementado por una terapia adecuada para la dislexia, en otras palabras la solución sirve de apoyo continuo para al alumno disléxico, como parte de una terapia integral.
		Población de aplicación		La población a la que está dirigida es muy diversa va desde niños a adultos entre 7 a 70 años. Por tal motivo es aplicable a niños en edad escolar primaria, sin problema.	La población de este sistema son específicamente los niños de educación primaria, se recomienda su uso desde segundo grado de primaria hasta sexto grado. Aunque puede ser empleado desde el primer grado. Por tal motivo este software tiene como población los alumnos definidos desde el inicio.
		Rol docente solicitado		Los docentes están a cargo del seguimiento de las 24 variables de lecto-escritura que presenta el sistema. El docente no configura el software, si tiene la capacidad de realizar el seguimiento a los alumnos.	Los docentes pueden obtener información detallada para el seguimiento de los alumnos, así como de su avance con la herramienta, de acuerdo a las variables que aborda el software.
		Duración de sesiones		Las sesiones son de 15 minutos aproximadamente, tiempo adecuado para el caso de niños, ya que pueden perder rápidamente la concentración en actividades más largas.	Las sesiones son de aproximadamente 75 minutos, tiempo demasiado largo para sesiones con niños. Debido a lo extenso de las sesiones se deben programar por módulos.
		Niveles de aprendizaje		No se indica en la documentación revisada	No se indica en la documentación revisada
		Dificultades que influyen en la lectura de niños con dislexia.		Pedagógicos	Dificultades de lectura donde se utiliza el sistema



Precisar qué características presentan los sistemas de información inteligente que sirven para la enseñanza de la lectura a niños con dislexia.	Factores técnicos de los sistemas que ayudan a la enseñanza de lectura	Algoritmo	Especificación de la técnica de IA propuesta	El algoritmo que se utiliza son las redes neuronales como clasificador o selector de la información que se presenta en pantalla. Este clasificador debe ser entrenado previamente para obtener buenos resultados en su proceso de selección de preguntas a brindar a los alumnos.	Sistema Experto basado en metodología KADS, este algoritmo utiliza una base de conocimientos y reglas como datos principales, y el selector de las respuestas a aplicar al alumno, es generado por un motor de inferencia.
			Uso de otros métodos de la IA	El sistema utiliza además de redes neuronales técnicas de aprendizaje automático entrenado con anterioridad, para manejar cuales son los tipos de errores que usualmente comenten las personas que tienen dislexia y deben ser reforzados.	Sistema Experto emplea un motor de inferencia CLIPS para mejorar su precisión, al momento de seleccionar las preguntas o ejercicios a aplicar a los alumnos.
			Capacidad de aprendizaje	Al utilizar un algoritmo basado en redes neuronales, le permite ser entrenado constantemente lo cual ayuda a mejorar los ejercicios propuestos a los niños con dislexia. Desde luego este aprendizaje no es automático, sino basado en una fase de entrenamiento que puede habilitarse según se requiera o al ser empleado por alumnos con dislexia diagnosticada.	El sistema no tiene la capacidad de aprender, ya que viene con un conjunto de tareas establecidas, según las reglas y conocimiento brindado por el especialista. No se permite el incremento de la base de datos para nuevos casos según lo revisado.
			Adaptable a los alumnos	Aunque los sistemas son de uso general, gracias al algoritmo de redes neuronales se selecciona el ejercicio más adecuado para el alumno que lo está empleando durante la sesión, adaptándose a las necesidades que debe reforzar en el aprendizaje de lectura. Al igual que el otro sistema no presenta una adaptación periódica a lo largo de varias sesiones.	Se adapta a las respuestas que van brindando cada alumno durante la sesión, pero no tiene una adaptación periódica a través de varias sesiones. Por tal motivo este sistema sirve de acompañamiento de una terapia brindada por los docentes según los resultados o avances.
			Uso de base de datos históricos	Cuenta con una base de datos entrenada por alumnos disléxicos, que guarda la forma de responder ante los problemas de lectura. Empleando esta información puede proponer ejercicios para la terapia de la dislexia.	Por su estructura algorítmica basada en reglas y conocimiento del experto, este tipo de algoritmos no necesitan información histórica.
			Configurable por expertos	No es configurable, pero si permite incrementar los ejercicios que se puedan aplicar a los alumnos por parte de los especialistas. Este ingreso o módulo se denomina Dyetective U Pro, el mismo no se analizó en esta investigación.	No es configurable, ya que es un paquete de código cerrado, mostrando solo que tiene ya preestablecido.
		Uso	Entorno gráfico	El modulo para alumnos es amigable, con personajes y colores para su presentación. Todo el uso del sistema se realiza mediante el mouse o cursor. En cuanto el entorno para el docente o padre, es bastante discreto y no tal intuitivo de utilizar.	En el módulo para el alumno el entorno gráfico amigable, con colores y personajes que sirven de guía. El entorno para el docente o padre de familia es bastante sencillo, solo permite visualizar los resultados de cada alumno mediante reporte.
			Entorno adaptado para niños	Adaptado para niños, mediante personajes e historietas. Lo cual ayuda a captar la atención de los usuarios que lo utilizaran.	Adaptado para niños, empleando colores muy vistosos y personajes. Esta característica ayuda a mantener la atención de los niños en el software.
			Entorno lúdico	Se presenta como un juego de video, lo cual es lo más adecuado para aplicaciones de ayuda al aprendizaje para niños.	Se presenta como un juego de video, lo cual es lo más adecuado para aplicaciones de ayuda al aprendizaje para niños.
			Uso de medio audio visuales	Utiliza un entorno basado en ejercicios mostrando imágenes, videos y audios. No permite trazos más si selección de letras. Pero es suficiente para su alcance de fonológico y visual.	Utiliza un entorno basado en ejercicios mostrando imágenes y audios. No permite trazos más si selección de letras. Pero es suficiente para ayudar con las variables fonológicas y de memoria que aborda.
			Resultados para docentes	Brinda seguimiento a docentes y padres de familia. Ya que permite inscribir a cada docente o padre familia, de los niños a los cuales desea realizar seguimiento. El permitir que los padres también pueden revisar el seguimiento de sus hijos es muy bueno, ya que los compromete con ayudar con la terapia fuera de casa.	Brinda información para el seguimiento de los docentes, especialmente que variables debe reforzar de forma tradicional en las aulas de clase. Este software está muy relacionado al trabajo desarrollo por los profesores dentro del aula.

## 2.4. Comparación Cuantitativa

Funcionalidades	Sistemas de Información que utilizan Redes Neuronales		Sistemas de Información que utilizan Sistema Experto	
	DytectiveU		Sicole-R	
Nombre de la solución				
Manejo de usuarios y roles	Posee tres roles bien definidos y desarrollados: alumno, tutores y profesionales. Los usuarios se manejan mediante las direcciones de correo, previa validación del administrador.	4	Posee dos roles: alumno y docente. No tiene opción para padres o profesionales que mejoren el sistema. Los usuarios son creados directamente en el sistema.	2
Capacidades cognitivas relacionadas con la dislexia	El sistema considera diversas capacidades cognitivas propias de la dislexia, pero sin una estructura bien definida u ordenada.	3	El sistema considera las capacidades cognitivas principales, bien ordenadas y estructuradas según los módulos que realizará el niño.	4
Modularización según capacidades	No posee una popularización por capacidades, pero si las aborda según el tipo de ejercicio que presenta al niño.	2	Posee una modularización basada en colores que determina las capacidades en las que se está trabajando.	4
Ampliación de ejercicios por expertos	Permite a los expertos denominados profesionales, poder sugerir nuevos ejercicios relacionados con las capacidades a trabajar en la dislexia, pero no de forma automática, ya que es supervisada por los administradores	3	No tiene la capacidad de ampliar los ejercicios a menos que se incremente la base de conocimientos y reglas, con el apoyo de los desarrolladores.	1
Retroalimentación automático a partir de uso de personas con dislexia	Debido a los algoritmos que utiliza como el aprendizaje automático y las redes neuronales, el sistema tiene la capacidad de ser entrenado y mejorar su precisión.	4	No posee esta capacidad por el tipo de estrategia de inteligencia artificial empleada, en este caso un sistema experto.	0
Reportes detallado de resultados obtenidos	Los reportes presentados de cada alumno si bien muestra el avance en los ejercicios propuestos, no tienen el nivel de orden e identificación según las capacidades abordadas para la dislexia.	2	Los reportes están bien estructuradas según las capacidades de la dislexia que se abordan, brindando información adecuada para el docente y las terapias que deben realizar.	4
Seguimiento para padres	Posee una opción para el seguimiento de padres o tutores. El mismo muestra ejercicios realizados y los resultados.	3	No posee una opción o modulo para el seguimiento de los padres de familia. El sistema está hecho para los docentes.	0
Seguimiento para docentes	El sistema presenta la misma opción tanto para padres o docentes.	3	El sistema está hecho para los docentes, por tal motivo tiene una opción para visualizar los reportes con los resultados de los alumnos.	3
Disponibilidad	El sistema al estar diseñado para trabajar vía web, por lo que es posible poder ingresar desde cualquier equipo o lugar. Lo cual ayuda al alumno a realizar los ejercicios desde cualquier parte.	4	El sistema está disponible solamente en los equipos donde se instala. Por tal motivo el alumno debe tener acceso al computador que tiene el sistema instalado.	1
Adaptación al usuario	El sistema tiene una adaptación general para los niños con dislexia. Luego según se van realizando los ejercicios toma las decisiones necesarias según el avance.	3	Mediante el sistema experto que contiene el conocimiento de especialistas, el sistema está diseñado para los alumnos con dislexia. Con la ayuda de su motor de inferencia, va mostrando las preguntas adecuadas según avanza el alumno.	3

RESULTADOS

31

22

## 2.5. Resultados de la comparación de los Sistemas de informaciones inteligentes

A continuación pasaremos a mostrar los resultados de la comparación realizada en el cuadro adjunto a este documento, tanto cualitativamente como cuantitativamente.

### A. Comparación Cualitativa

A continuación revisaremos los resultados de cada uno de los sistemas propuestos, según los tipos de criterios considerados que están relacionados directamente con los objetivos de la tesis presentada:

**Tabla 9.** Resumen de análisis de los sistemas inteligentes

Tipo de Criterio	Sistema Experto (SICOLE-R)	Redes Neuronales (Dyetective U)	Resultados
Generalidades	Se encuentra vigente, aunque fue desarrollado inicialmente el 2004 y su última implementación es del 2009.	Se encuentra vigente, y su desarrollo inició el 2015, la última implementación es del 2017.	Por su antigüedad podemos indicar que Dyetective U, tiene ventaja sobre SICOLE-R
Despliegue	Este sistema es para pc o portátiles lo cual representa una desventaja en la actualidad. En cuanto al despliegue y ámbito de aplicación, este sistema se utilizó exactamente bajo la población propuesta, los niños en aprendizaje de lectura	El sistema es web por tal motivo es posible emplearse desde cualquier lugar. En cuanto a su despliegue se ha utilizado en niños y adultos. No se conoce sus resultados al 100%	Dyetective U tiene como ventaja ser una aplicación en línea o web. SICOLE-R se usó específicamente para niños y debido a su antigüedad ya se conoce los buenos resultados de su uso.
Pedagógicos	Sirve especialmente como apoyo a la terapia brindada por docentes de forma presencial. Una desventaja es el tiempo de los	Sirve como apoyo para mejorar en la lectura, pero no solo para utilizado por docentes sino también para padres de familia.	En el ámbito pedagógico se debe resaltar que Dyetective U tiene una ventaja ya que los cuestionarios

	cuestionarios es demasiado largo para un niño.	Los cuestionarios son bastante cortos.	no demandan mucho tiempo lo que es adecuado para un niño
Algoritmo	El ser un sistema experto, funciona solo mediante conocimiento y reglas fijas. Lo cual no permite mejoras automáticas para futuros ejercicios.	Al contar con un sistema experto es posible ser entrenado constantemente al ser empleado por niños con dislexia, lo cual le permite seguir mejorando de forma automática.	El algoritmo redes neuronales presentado por Dyetective U tiene mayor ventaja al permitir ser entrenado, más aun contando con técnicas de aprendizaje automático integrado.
Uso	Se presenta mediante juegos y es fácil de usar para el alumno. El seguimiento es principalmente para los docentes.	Se presenta mediante juegos y es fácil de usar para el alumno. El seguimiento puede ser realizado por padres o docentes.	En este aspecto ambas soluciones son similares, con ventaja para Dyetective U porque el seguimiento puede realizarse por docentes o padres.

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación cualitativa realizada, el sistema Dyetective U basado en redes neuronales, tiene un mejor desempeño y adaptación a las necesidades de la enseñanza de la lectura para niños, aunque este sistema aún está en despliegue comercial, la potencia del algoritmo diseñado le permite apoyar a los estudiantes en las diferentes dificultades propias de la lectura para niños con dislexia y además seguir mejorando al ser utilizado por los niños ya diagnosticados, ya que los métodos de inteligencia artificial tienen la capacidad de ser entrenados para su optimización o mejores resultados.

## B. Comparación Cuantitativa

Esta comparación se realizó desde un punto vista de los sistemas inteligentes como herramienta de software, considerando las funcionalidades con que deben contar como sistema de información diseñado para usuarios específicos, en este caso niños, padres de familia y docentes. Así como contar con los módulos con el fin de

servir de apoyo al aprendizaje de lectura. Para este fin se determinó crear una escala de valores de la siguiente forma:

**Tabla 10.**Escala de puntajes

Puntaje
4: Cumple Totalmente
3: Cumple casi todo lo solicitado
2: Cumple con la mitad de lo requerido
1: Cumple muy poco
0: No cumple

**Fuente:** Elaboración propia

Con esta escala definida se procedió a calificar o brindar puntaje a cada uno de los sistemas inteligentes presentados, según sus funcionalidades y características a nivel software, según una revisión de los módulos con que debe contar cualquier sistema o aplicación educativa para ayudar al aprendizaje de la lectura. De esta forma SICOLE-R obtuvo 22 puntos y Dyetective U 31 puntos. Finalmente este resultado obtenido se puede justificar ya que Dyetective U ha sido diseñado como una solución para ser utilizada desde cualquier lugar, con un acceso sencillo tanto para padres de familia como para docentes, además las técnicas de inteligencia artificial que utiliza le brindan mayor flexibilidad y adaptación al usuario principal, los niños con dislexia. Según los resultados de los dos análisis realizados podemos concluir que el sistema Dyetective U tiene varias ventajas al ser utilizado como herramienta de ayuda para el aprendizaje de lectura.

## Conclusiones

Luego de desarrollar esta tesis, podemos concluir que los objetivos propuestos han sido alcanzados, ya que se lograron determinar las características y técnicas con que deben contar las herramientas basadas en software para su aplicación en el aprendizaje de lectura en niños con dislexia. De igual forma se logró conocer las deficiencias más importantes que tienen los alumnos de educación primaria con dislexia, gracias a la revisión de los sistemas inteligentes que actualmente son empleados para la terapia de lectura en alumnos con dislexia. De igual forma se comprobó que los sistemas propuestos ya consideran entre sus funcionalidades el apoyo en las deficiencias de la lectura y en muchos casos también consideran deficiencias de la escritura.

A continuación mencionaremos algunas conclusiones importantes que hemos podido determinar luego de desarrollar la presente tesis y aplicar las herramientas propuestas como son las entrevistas semi-estructuradas y las comparaciones cualitativas y cuantitativas:

- Los sistemas que se utilizan para el apoyo del aprendizaje de lectura en niños con dislexia, no son simples aplicaciones, sino que se trata de sistemas de información educativo completo, ya que consideran diferentes procesos necesarios para el apoyo a los alumnos, como por ejemplo el seguimiento y personalización de la terapia. Esta característica es de mucho valor en primer lugar para los docentes, ya que les ayuda a reforzar mediante la terapia convencional los puntos que el alumno necesita mejorar. En segundo lugar para los padres de familia, ya que pueden conocer rápidamente el avance de sus hijos la terapia recibida.
- Las técnicas de inteligencia artificial se han venido empleando con éxito en las últimas décadas, inicialmente para el diagnóstico de la dislexia en niños y luego, como parte de aplicaciones para la terapia de la lectura.
- Los sistemas educativos inteligentes deben ser configurados según el idioma del usuario, ya que el aspecto fonológico es parte importante para la terapia de la dislexia y es diferente en cada idioma. Así, un sistema diseñado para alumnos de habla inglesa no puede aplicarse al español, ya que el sonido de las letras puede variar según el significado de la palabra.

- En nuestro país no se emplean usualmente sistemas educativos inteligentes para la terapia de niños del nivel primaria. En la actualidad se utilizan herramientas multimedia y aplicaciones para equipos móviles. Países como España nos llevan mucha ventaja en este campo y poseen muchas organizaciones que implementan software para ayudar a los alumnos en las diferentes deficiencias del aprendizaje. El no usar sistemas educativos como apoyo para la dislexia nos limita a realizar terapias solo en las aulas de clase, por tal motivo el alumno no puede realizar los ejercicios que el ayudarían a mejorar en su casa. Otro limitante es que el control de avance del alumno actualmente es solo manual, por tal motivo requiere de una revisión continua de los docentes y padres de familia.
- El rol del docente siempre es necesario para guiar el uso y la aplicación de los sistemas educativos en los alumnos. A pesar que algunos software tienen propiedades de autonomía para adaptarse al alumno, los docentes tienen el rol de configurar y elegir los puntos donde deben ser reforzados las deficiencias del alumno, a lo largo de su desarrollo educativo.

Como podemos apreciar esta tesis ha sido de utilidad, para conocer cómo las tecnologías de información son aplicables con éxito en la educación, especialmente en el campo de las deficiencias del aprendizaje. Por tal motivo concluimos que la aplicación que las técnicas de inteligencia artificial tienen éxito en el ámbito educativo, gracias al uso de sistemas inteligentes para el apoyo a la lectura en niños de educación primaria.

## Recomendaciones

Luego de verificar con éxito la aplicación de los sistemas educativos inteligentes al aprendizaje de lectura en niños de educación primaria con dislexia, recomendamos el uso de estas aplicaciones en centros educativos con niños que tengan estas deficiencias tanto de lectura como de escritura. Para no incurrir en costos altos pueden utilizarse sistemas web ya construidos como Dytective U, ya que a pesar de ser distribuido desde España es posible conseguir software demo para su revisión. Además es importante mencionar que durante las entrevistas con los docentes indicados por CPAL, se observó que estos tenían mucho interés en contar con sistemas de apoyo para el tratamiento de la dislexia, ya sea para emplearse dentro de las alumnas como fuera de ellas. Ya que consideran que para obtener mejores resultados, los padres de familia deben estar involucrados en el uso de sistemas educativos que mejoren sus habilidades de lectura en su propio hogar, a modo de refuerzo de lo desarrollado durante las terapias en el centro educativo.

Otra recomendación para los desarrolladores de tecnología, es la posibilidad de implementar un sistema a la medida y de acuerdo a las necesidades de los alumnos con dislexia de nuestro país. Desde luego pueden emplearse técnicas modernas de inteligencia artificial como son las redes neuronales y el aprendizaje automático, de esta forma se contaría con valiosas herramientas de apoyo al docente y padres de familia, adaptadas a la metodología de cada centro que realice terapias para ayudar a alumnos con dislexia.

De acuerdo a las entrevistas realizadas en CPAL, esta institución está interesada en contar con sistemas educativos para apoyar a la dislexia, no solo a nivel de educación primaria, sino secundaria y superior. Pero aún no tienen una fecha de adquisición de este software. Desde luego están prestos a recibir cualquier solución gratuita o a la medida.

Finalmente animamos a los docentes a continuar investigando y utilizando, sistemas de información educativo inteligente como apoyo para las terapias de dislexia para niños en edad escolar.



## Referencias

- Alvarado, H., Damians, M., Gómez, E., Martorell, N., Salas, A., Sancho, S. (2007). DISLEXIA. Detección, Diagnóstico e Intervención interdisciplinaria. *Revista ENGINY*. 16(17). Centre de Desenvolupament Infantil. Palma de Mallorca. España.
- Angulo, M. (2010). Manual de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo derivadas de dificultades específicas de aprendizaje: DISLEXIA. Junta de Andalucía. Consejería de Educación. España. Recuperado de: <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/webportal/ishareservlet/content/a9327d5e-1443-445e-9d32-18953f54684f>
- Asandis (2010). Guía general sobre dislexia. Asociación Andaluza de Dislexia, España. Recuperado de: <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/webportal/ishareservlet/content/6070dc4f-5da3-459d-bb07-4f8eaaa76f9e>
- Carrasco, J., Martínez, J. (2011). Reconocimiento de patrones. *Revista de Divulgación de la sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial Komputer Sapiens*, 3(2),5. Mexico. Recuperado de: [http://smia.mx/komputersapiens/download.php?file=ks32\\_4.5MB\\_extensa.pdf](http://smia.mx/komputersapiens/download.php?file=ks32_4.5MB_extensa.pdf)
- Celdrán M. y Zamora F. (2006). DIFICULTADES EN LA ADQUISICIÓN DE LA LECTO-ESCRITURA Y OTROS APRENDIZAJES. Recuperado de: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/672163/bases-carboni\\_rn\\_2006.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/672163/bases-carboni_rn_2006.pdf?sequence=1)
- Condemarin M. y Blomquist M. (1990). La Dislexia: Manual de lectura Correctiva. Editorial Universitaria, Chile.
- CPAL (2015). Uno de cada diez niños presenta alguna dificultad de aprendizaje. Centro Peruano de audición, lenguaje y aprendizaje, Lima, Perú. Recuperado de: <http://cpal.edu.pe/es/cpal/blog/2015/10/06/uno-de-cada-diez-nios-presenta-alguna-dificultad-de-aprendizaje-30f5>

Disfam (2015). Curso sobre Dislexia en Almería. España. Recuperado de

<http://www.disfam.org/tag/dislexia/>

Drigas, A., Dourou, A. (2013). A Review on ICTs, E-Learning and Artificial Intelligence for Dyslexic's Assistance. *iJet*, 8(4), 63-67. Recuperado de

[http://imm.demokritos.gr/publications/Dyslexics\\_Assistance.pdf](http://imm.demokritos.gr/publications/Dyslexics_Assistance.pdf)

DyslexiaBasics (2017). International Dyslexia Association Recuperado de:  
<https://dyslexiaida.org/dyslexia-basics/>

Espinoza, A. y Elistratova, V. (2004). CASO DE APLICACIÓN DE SISTEMA EXPERTO EN LA MULTIMEDIA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTA INTEGRAL PARA LA ENSEÑANZA A NIÑOS CON PROBLEMAS DE LECTO-ESCRITURA – MULTIMEDIA INTEGRAL “MI DÍA”. *VII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*. p. 226-235. Guayaquil. Ecuador. Recuperado de:  
<http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2004/comunicacao/com226-235.pdf>

Espinoza, A. y Viera, E. (2004). CASO DE APLICACIÓN DE SISTEMA EXPERTO EN LA MULTIMEDIA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTA INTEGRAL PARA LA ENSEÑANZA A NIÑOS CON PROBLEMAS DE LECTO-ESCRITURA. *Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*. Recuperado de  
<http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2004/>

Etchepareborda, M. C. (2002). Detección precoz de la dislexia y enfoque terapéutico. *Revista Neurológica*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de:  
<http://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2014/11/Detecci%C3%B3n-precoz-de-la-dislexia.pdf>

Feigenbaum, E.(1977). *The Art of Artificial Intelligence*, Department of ComputerScience - Stanford University, USA.

Hayes-Roth, F.(1983). *BuildingExpertSystems*. Addison-Wesley, USA.

Hernández, B. y Haces, J. (2011). Sistema para generar micromundos para la asignatura

de algebra. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Recuperado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/219/A7.pdf?sequence=7>

Hernández, E. (2014) LA DISLEXIA ESCOLAR. ALGUNAS CONSIDERACIONES ACTUALES RESPECTO A SU INTERVENCIÓN ESCOLAR". Universidad de Sevilla. España. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/profile/Elena\\_Hernandez\\_de\\_la\\_Torre/publication/236120669\\_La\\_dislexia\\_escolar/links/0c9605162989e33537000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elena_Hernandez_de_la_Torre/publication/236120669_La_dislexia_escolar/links/0c9605162989e33537000000.pdf)

Jiménez, J. *et al.* (2009). Validez discriminante de la batería multimedia SICOLE-R primaria para la evaluación de procesos cognitivos asociados a la dislexia. *Revista de Investigación Educativa*, 27(1), 49-71. Recuperado de <http://revistas.um.es/rie/article/view/94271>

Khakhar J. y Madhvanath, S. (2010) JollyMate: Assistive Technology for Young Children with Dyslexia. 12th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition. Hewlett – Packard Labs. Bangalore. India. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/document/5693625/>

Ladislexia. (2015). Enseñar a leer y escribir a niños disléxicos. España. Recuperado de: <http://www.ladislexia.net/ensenar-a-leer-y-escribir-a-ninos-dislexicos>

Laudon K., y Laudon J. (1996). Sistemas de Información. Editorial Diana, México.

Laudon K. y Laudon J. (2012). Sistemas de Información Gerencial. Pearson Educación, México.

Matich, D. (2001). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. Universidad Tecnológica Nacional. Rosario. Argentina. Recuperado de: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_ano/orientadora1/monograis/matich-redesneuronales.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_ano/orientadora1/monograis/matich-redesneuronales.pdf)

- Matta, V. y Sormaz D. (2006). INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS, QUO VADIS?. *Issues in Information Systems*. 7(2). Recuperado de:  
[http://iacis.org/iis/2006/Matta\\_Sormaz.pdf](http://iacis.org/iis/2006/Matta_Sormaz.pdf)
- Moreno, L., González, C., Estévez, J., Muñoz, V., Alayón, S. (2004). Diagnóstico y tratamiento computarizado de la dislexia en español. *Revista Pixel-Bit*, 1(24), 101-111. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/97172>
- Murphy, K. (2012). Machine Learning. A Probabilistic Perspective. The MIT Press. London. England. Recuperado de:  
<https://www.cse.iitk.ac.in/users/aayush/mail/machineLearningAProbabilisticPerspectiveMurphy.pdf>
- Nilson, N. (1998). INTRODUCTION TO MACHINE LEARNING. AN EARLY DRAFT OF A PROPOSED TEXTBOOK. Robotics Laboratory. Department of Computer Science Stanford University. Stanford. USA. Recuperado de:  
<http://ai.stanford.edu/~nilsson/MLBOOK.pdf>
- OCIDE (2011). Nuevas herramientas para la evaluación y tratamiento de la dislexia. *Revista ACLPP*. 24(12). España. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3760535>
- Palacio, A., Leguizamo, D., Piñeros, J. (2013). Formulación de un modelo teórico de aplicaciones de las redes neuronales en la solución de problemas de dislexia (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia. Recuperado de:  
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4088/00632P153.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palacios, A. y Sanchez, L. (2014). Supervising classrooms comprising children with dislexia and other learning problems with graphical exploratory analysis for fuzzy data. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Beijing*. China.
- Páez, J. (2013). Dificultades de aprendizaje. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, (32).

Universidad de Pamplona, España. Recuperado de:

<http://atlante.eumed.net/wp-content/uploads/dificultades-aprendizaje.pdf>

Perez de Arrilucea, I. (2014). La detección temprana de la dislexia y su intervención en educación. Universidad Internacional de la Rioja. España. Recuperado de: <http://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2309/Perez-de-Arrilucea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pose, M. (2000). Introducción a los algoritmos genéticos. *Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Universidad de Coruña*. España. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/profile/Marcos\\_Gestal/publication/237812449\\_Introduccion\\_a\\_los\\_Algoritmos\\_Geneticos/links/02e7e520a93bdade8f000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Gestal/publication/237812449_Introduccion_a_los_Algoritmos_Geneticos/links/02e7e520a93bdade8f000000.pdf)

Raimundo, O. (2005). Acerca de la INTELIGENCIA de los SISTEMAS INTELIGENTES. Recuperado de:

<http://www.acadning.org.ar/anales/2005/1/%20-%20Incorporaciones/Titulares/1.%20DAquila%20-%202005/3.%20Conferencia%20Ing.%20DAquila.pdf>

Ramos, L. (2014). PSICOLOGÍA COGNITIVA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MITOS Y VERDADES *Cognitivepsychology and artificial intelligence: myths and truths*. Recuperado de:

<http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2014/AVANCES.L.Ramos.pdf>

Rello, L. *et al.* (2016). Dyetective: Diagnosing Risk of Dyslexia with a Game. *Conference 10th. EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Recuperado de

[http://www.luzrello.com/Publications\\_files/PerHealth2016-Dyetective.pdf](http://www.luzrello.com/Publications_files/PerHealth2016-Dyetective.pdf)

Rello, L. (2017). Dyetective U para familias. Organización ChangeDyslexia. España. Recuperado de <https://dydetectiveu.org/>

Russell S. y Norving P. (1998). Inteligencia Artificial. Prentice Hall, México.

Pires, J. y Pérez, M. (2016). "Intelligent" Adaptive Learning Objects applied to Special Education needs. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. 1, p. 1010 -1015.

Recuperado de:<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7521504/>

Serrano F. y Defior S. (2004). Dislexia en Español: estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación psicoeducativa y psicopedagógica*, 2(2), p.13-34.

Recuperado de:

<http://sid.usal.es/idocs/F8/ART11010/dislexia%20en%20espa%C3%B1ol.pdf>

Tupia, M. (2014). Fundamentos de Inteligencia Artificial. Tupia Consultores y Auditores. Lima. Perú.

Van Bergen, G. (2016). Linguistic experience modulates the predictive power of placement verb semantics.92.p. 26-42. Recuperado de:

<https://www.smivision.com/?s=dyslexia>

VaudrinAcademy (2016). Could Dyslexia be the reason your child is falling behind?. Québec. Canada. Recuperado de:

<http://academievaudrin.ca/en/programme/cellfield-program-testing-treatment-for-dyslexia/>

Wilamowski, B. e Irwin, J.(2011). The Industrial Electronics Handbook: Intelligent Systems.2nd Edition. CRC Press, USA.