

ANÁLISIS DE LAS ILUSTRACIONES DEL  
MODELO DE ADN, EN LOS LIBROS DE  
TEXTO DE CIENCIAS, DE OCTAVO Y  
NOVENO GRADO DE EDUCACIÓN  
BÁSICA Y SU IMPORTANCIA EN LA  
FORMACION DE MODELOS MENTALES.

ANÁLISIS DE LAS ILUSTRACIONES DEL MODELO  
DE ADN, EN LOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS,  
DE OCTAVO Y NOVENO GRADO DE EDUCACIÓN  
BÁSICA Y SU IMPORTANCIA EN LA FORMACIÓN  
DE MODELOS MENTALES



ROSA ELENA CASTAÑO URIBE

Monografía para optar el título de Licenciada en Educación Básica  
con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Asesora:

Lucila Medina de Rivas

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS  
EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Línea

MODELOS MENTALES

MEDELLÍN 2007

## AGRADECIMIENTOS

A Elizabeth Albis: Por su amistad y colaboración para alcanzar este sueño por tanto tiempo esperado.

A mis hijos:

Sebastián y Carolina.

Por su alegría y el tiempo dedicado

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2. Planteamiento del problema</b>	<b>8</b>
<b>3. OJETIVO</b>	<b>14</b>
<b>3.1 General</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Específicos</b>	<b>15</b>
<b>4. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>15</b>
<b>MODELOS MENTALES</b>	<b>16</b>
<b>Las Representaciones</b>	<b>17</b>
<b>Representaciones externas:</b>	
• <b>Representación lingüística:</b>	
• <b>Representación pictórica:</b>	<b>17</b>
<b>Representaciones mentales.</b>	<b>18</b>
<b>Modelos mentales de Philip Johnson Laird</b>	<b>20</b>
• <b>Características de los modelos mentales Philip Johnson Laird.</b>	<b>23</b>
<b>5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Lectura de imágenes</b>	<b>28</b>
• <b>Las variables objeto de análisis son:</b>	<b>29</b>
• <b>Códigos comunicativos que interactúan con las imágenes</b>	<b>30</b>
<b>5.1.2 Análisis de ilustraciones y enseñanza de la transmisión</b>	

hereditaria.	34
<b>6. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA</b>	<b>36</b>
<b>6.1 Fases propuestas para una investigación documental:</b>	<b>36</b>
<b>6.2 Fase preparatoria</b>	<b>36</b>
<b>6.3 Fase descriptiva</b>	<b>37</b>
<b>6.3.1 Fase interpretativa</b>	<b>41</b>
<b>6.3.1.1 categorías de análisis (Perales y Jiménez, 2002)</b>	<b>46</b>
<b>6.3.1.2 Análisis de ilustraciones</b>	<b>60</b>
• <b>Ejemplos de ilustraciones analizadas</b>	<b>64</b>
<b>6.1.4 Fase de construcción teórica global</b>	<b>69</b>
<b>6.1.5 Fase de extensión y publicación</b>	<b>70</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	

## INTRODUCCIÓN

En la doble posición en la cual me encuentro al plantear este trabajo de investigación, como maestra en formación y profesora activa, observo que uno de los materiales didácticos más utilizados, en las aulas para la enseñanza de las ciencias, son las ilustraciones, ya sean a través de láminas, libros de texto y en la actualidad con el uso masivo de los computadores.

Dentro de este universo visual en el cual estamos inmersos, en la enseñanza aprendizaje de la ciencia, los libros de texto desarrollan un papel importante, pues uno de los pilares básicos sobre la cual se sustenta la acción docente, en cualquier nivel educativo, es el libro de texto. Frente a él se tienen diversas opiniones, unos a favor y otros en contra, pero es innegable que no puede ser dejado de lado. Resulta hoy por hoy incuestionable su poderosa influencia en el trabajo del aula, tanto para los profesores como para los estudiantes, constituyéndose en bastantes ocasiones como el referente exclusivo del saber científico.

En los libros de texto diseñados en los años recientes, para la básica secundaria se despliegan una cantidad de representaciones externas, considerando a estas, como los símbolos o señales que usamos para comunicarnos, cualquiera de las formas que ellas adopten, ya sea como una fotografía, un dibujo, un esquema, una gráfica, un mapa conceptual, entre otras muchas ayudas ínter textuales, constituyéndose en algunas ocasiones, en la mitad o más de todo el libro. Se hace necesario cuestionarnos sobre la importancia de su uso e implementación actual en los procesos de enseñanza aprendizaje o si ellas solo están siendo utilizadas para enriquecer el diseño del texto,

En lo referente al libro de texto se encuentra una amplísima bibliografía que analiza diversos aspectos de él, sin embargo la proporción con los trabajos de investigación sobre análisis de ilustraciones es poca. Y solo en los últimos años esta situación ha estado presentando un cambio.

La lectura de imágenes esta llena de lugares comunes o creencias populares, una de ellas, muy generalizada: Una imagen vale más que mil palabras atribuyéndole a la imagen una facilidad de lectura que lejos esta de poseer, al contrario las imágenes por su polisemia, no son sencillas ni transparentes, ellas pueden ser leídas de múltiples maneras por lo que se hace necesario aprender a “leerlas”.

La elección de la temática para el Análisis de las ilustraciones sobre el modelo del ADN tiene su origen en las dificultades que los estudiantes presentan en el aprendizaje de la genética. Si los estudiantes realizan un aprendizaje significativo de este modelo, pueden comprender la evolución y la diversidad biológica y asumir una actitud crítica en las situaciones que se requieran frente a la manipulación genética.

El propósito de este trabajo es indagar sobre algunos de los elementos que deben poseer las ilustraciones del modelo de ADN, en los libros de texto de octavo y noveno, en la formación de modelos mentales

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy se asume que no aprendemos el mundo directamente, sino que lo hacemos a partir de las representaciones que de ese mundo construimos en nuestras mentes. Desde esta perspectiva sabemos que nuestros estudiantes no son pasivos recipientes de información sino que por lo contrario son activos constructores de su conocimiento, por esto aprender ciencias significativamente implica que sean capaces de recrear esas teorías en sistemas de representación interna de conceptos relacionados y no como simple listas de acontecimientos, hechos y formulas, que es la manera habitual en nuestras aulas y en los materiales curriculares.

Una mirada a los libros de texto de ciencias naturales, empleados hoy en la educación básica, posibilita darse cuenta que el uso de las ilustraciones, ocupa un espacio cada vez mayor en los materiales elaborados para la enseñanza.

A pesar de los detractores que puedan tener los libros de texto, estos continúan siendo de importancia sustentando el proceso de enseñanza aprendizaje en cualquier nivel educativo, y en muchas ocasiones se ha convertido en el único soporte.

“Uno de los pilares básicos sobre la cual se sustenta la acción docente, en cualquier nivel educativo, especialmente en los niveles de enseñanza básica, es el libro de texto, resulta hoy por hoy incuestionable su poderosa influencia en el trabajo del aula, tanto para los profesores como para los estudiantes, constituyéndose en bastantes ocasiones como el referente exclusivo del saber científico. (Perales, Jiménez, 2002).

El trabajo de (Alzate. P, 1999) muestra como el libro de texto es un producto de la modernización de los medios didácticos, del saber pedagógico de los maestros y encuentra su ámbito en la escuela y en el salón de clase, en medio de un arduo debate entre sus partidarios y detractores, se ofrecen argumentos de unos y otros, concluyendo que el texto escolar permanece como una



herramienta pedagógica de uso por estudiantes, maestros e instituciones y es a la vez un excelente material de indagación para los estudiosos de la pedagogía

El incremento de las ilustraciones en los libros de texto puede responder a diversas razones ya sea de marketing, por cultura visual, o como elemento de comunicación. En los últimos años, además de las modificaciones en la cantidad de ilustraciones, con los avances en las tecnologías de impresión, en las tecnologías de información y en la comunicación, asistimos a cambios en la relación entre información visual e información verbal, a tal punto que muchos textos se volvieron guiones visuales en los cuales opera una verdadera sustitución de imágenes por palabras, cuya eficacia cognitiva deseamos comprender, como lo problematizan ( Otero; Greca, 2003) con los cuales compartimos esta inquietud.

Es de especial importancia centrar la atención en el papel que desempeñan las diversas formas de ilustraciones presentes en los textos escolares de ciencias para la enseñanza y el aprendizaje de algunos conceptos científicos, así como su importancia en la formación de modelos mentales.

Si observamos los libros de texto con los cuales trabajan nuestros estudiantes a diario, podemos comprobar como, en general además de estar formados por textos expositivos, las ayudas que contienen como títulos, esquemas resúmenes, ilustraciones, no son las más adecuadas para facilitar la comprensión, con esto no se desea restarle importancia a estas “ayudas”, al contrario se desea investigar sobre su pertinencia, aportando elementos para reflexionar sobre el hecho que no basta que estén presentes, sino que es indispensable que estas imágenes e ilustraciones ayuden a la formación de modelos mentales que faciliten la comprensión de los conceptos científicos relacionados con ellas.

En las clases de ciencias Sucede con frecuencia que los estudiantes tienden a trabajar con proposiciones aisladas, memorizadas de manera literal y arbitraria. Las ecuaciones, las leyes y las definiciones de la física, la química o la

biología, son representaciones proposicionales, que están articuladas en modelos conceptuales y exigen, por parte de quienes quieran comprenderlas, la construcción de modelos mentales, sin este proceso, estas representaciones proposicionales carecen de significados, pues solo pueden ser adquiridos a la luz de los modelos mentales.

En trabajos realizados por (Moreira 2002) se plantean investigaciones que dan cuenta que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje es el de modelo mental. Naturalmente el modelo mental puede ser muy semejante al modelo conceptual, aunque no necesariamente, pues la función del modelo mental es la de permitir a su constructor dar significado al modelo conceptual que se le enseña y, por ende al sistema físico modelado.

Abundante bibliografía sobre estudios de análisis de los contenidos de diferentes conceptos científicos y de los errores conceptuales presentes en los libros de texto, se encuentran, especialmente trabajos de investigación sobre diferentes conceptos de Física, quedando prácticamente al margen, el análisis de las ilustraciones, sin embargo en las últimas décadas esta situación ha estado cambiando. Es de resaltar artículos como el de (Jiménez,1998) "El uso de ilustraciones alternativas por parte de los alumnos", que muestra un interés por el papel de la imagen en la enseñanza de la física. El trabajo realizado por (Sierra,1997) el cual inicia el desarrollo de un programa de imágenes dinámicas para la enseñanza de la mecánica. En años más recientes se han desarrollado varios trabajos de investigación sobre el uso de los dibujos animados en la enseñanza de la física.

En esta perspectiva el problema de las ilustraciones y su utilización en la enseñanza de la ciencia, específicamente de la física, se plantea desde enfoques diferentes, entre los cuales se han encontrado aquellos que enfatizan una visión cognitiva (Otero; Greca, Moreira, 2003) y otros una visión semiótica (Pintó, 2002) citado por Otero y Greca.

El artículo "Imagen y educación científica" pretende a través de su desarrollo, verificar si los dibujos animados e ilustraciones pueden actuar como un elemento motivador en las clases de física estimulando el análisis crítico de los estudiantes, comprobar si los dibujos e ilustraciones constituyen una fuente de errores conceptuales para los estudiantes y si se pueden utilizar como elemento identificador de ideas previas. "en cuanto a los dibujos animados como recurso para la enseñanza y aprendizaje de la física parece comprobarse su eficiencia en la generación de situaciones problemáticas que favorecen soluciones y posibilitan la interacción entre los estudiantes, así como la extrapolación al análisis de situaciones cotidianas"(Perales, Vilches y Sierra, 2004).

Si se quiere que los estudiantes aprendan, primero es necesario que comprendan, por ello es importante que los textos con los que trabajen sean, adecuados a la edad y a sus conocimientos previos pero, también deben favorecer la activación de los esquemas previos del estudiante para facilitar la generación de los modelos adecuados. "pues si realizamos una revisión de las ilustraciones presentes en los textos escolares, probablemente, nos encontraríamos con material altamente significativo, en el sentido que acerca al lector a la realidad objeto de estudio, pero muy pocas veces nos encontramos con ilustraciones que represente y relacione la microestructura textual, anticipándole al lector un esquema cognitivo acerca de lo que el texto dice" (Meilan y Vieira, 2002)

¿Ayudarían las ilustraciones e imágenes de los libros de texto a los estudiantes para alcanzar una mejor comprensión de los conceptos a los que aluden? Las ilustraciones tienen sus detractores y sus defensores, para algunos no son sino distracciones para el lector, las imágenes no son sencillas y transparentes, posibilitan no una sino múltiples lecturas, estas son algunas de las razones por las cuales unos autores las descalifican como herramienta en la educación científica; por el contrario los defensores destacan la motivación, y valorizan la importancia en la comprensión y en el aprendizaje de un mensaje lingüístico, el recuerdo de los textos mejora cuando se utilizan ilustraciones y por su carácter analógico, motivador, tendrían la capacidad de

hacer conocer “directamente” por encima de las barreras culturales (Otero y Greca,2004).

Se hace necesario investigar unas bases teóricas sobre las cuales evaluar la adecuación de las ilustraciones en los libros de ciencia, en el trabajo “las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.Análisis de textos” los autores Perales, y Jiménez, nos proponen un excelente instrumento de análisis y selección de textos. Además describen los resultados de su aplicación, lo cual lo hace un texto fundamental para este trabajo.

Las ilustraciones e imágenes parecen tener un papel importante en el aprendizaje de las ciencias, es mas fácil construir un modelo mental a través de la visión que de un discurso .Entonces cabria preguntar si seria bueno que los libros de ciencias estuviesen llenos de ilustraciones, Eso dependería más bien de lo que se quiere lograr con dichas ilustraciones y en los libros de texto en muchas ocasiones el deseo de hacer un libro atractivo visualmente, prima sobre la parte conceptual, pues los textos guías también son objeto de mercado y es un negocio de la editoriales.

Además se debe tener cuidado de no saturar los textos con muchas imágenes, pues uno de los riesgos que se puede correr es el de inhibir la capacidad imaginativa del estudiante, es decir puede suceder que el estudiante quede con la imagen que aparece en el libro sin formar modelos mentales de los mecanismos subyacentes, como bien nos pone en alerta ( Moreira, 2002) al ilustrar esto con varios ejemplos, algunos de ellos bien conocido por nosotros a través de los diferentes artículos de análisis de textos presentes en la revista de enseñanza de las ciencias, a saber el dibujo “planetario” del átomo, o en el campo eléctrico, el representar una carga como un “puntillado” o también en las diferentes imágenes de representación de una célula.

No sobra Recordar que para la construcción de un modelo mental adecuado y, por tanto, el logro de una buena comprensión, va a depender tanto de las características del estudiante (conocimientos previos, amplitud de memoria operativa, imaginación) y de los procesos de generación inferencial, como de

las características del propio texto. . Desde esta perspectiva, la inclusión de imágenes en los libros de texto vendría justificada por su idoneidad para suministrar información espacial, se sugiere que las ilustraciones favorecen en los lectores la construcción de un modelo mental, contribuyendo a aumentar la comprensión del texto. Así pues, la comprensión y la memorización a largo plazo estarían determinados parcialmente por el texto, la ilustración de las inferencias generadas por el individuo a través del modelo mental construido durante la lectura, que incluiría también los conocimientos previos del lector, activados a lo largo de esta.

El interés por la utilización de las ilustraciones se circunscribe, en este trabajo, a la enseñanza de algunos conceptos de la herencia genética derivados del modelo de la molécula del ADN., que nos permita caracterizar elementos vinculados a la formulación del discurso visual y se profundice sobre los efectos de las ilustraciones en los procesos de la adquisición y comunicación del conocimiento científico.

**¿Facilitan –y en qué condiciones- las ilustraciones presentadas en los libros de texto a la formación de los modelos?**

**¿Las ilustraciones ayudan a la comprensión de los conceptos científicos?**

**¿Qué características deben poseer las ilustraciones del modelo del ADN en los libros de texto, que faciliten la construcción de representaciones y la comprensión de los conceptos derivados de dicho modelo?**

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Caracterizar los elementos que deben poseer las ilustraciones presentes en los libros de texto, de octavo y noveno grado, sobre el modelo del ADN, con los cuales puedan facilitarse la construcción de representaciones, acordes con los modelos conceptuales.

#### **3.2 ESPECIFICOS**

1. Comparar las ilustraciones sobre el modelo de ADN. Diferenciando la pertinencia, presentados en los libros de texto de acuerdo al año de edición
2. Aplicar las diferentes categorías de análisis de las ilustraciones, propuestas por Jiménez y Perales (2002), a las ilustraciones del modelo de ADN presentes en los libros de texto de octavo y noveno grado.

## 4. MARCO CONCEPTUAL

### 4.1 MODELOS MENTALES

A lo largo de las tres últimas décadas, las teorías sobre cognición han planteado varias formas de representación del conocimiento, en el caso de la psicolinguística han destacado las representaciones proposicionales, los modelos mentales\_ analogías estructurales de situaciones del mundo real o imaginario construido por el individuo al abordar una situación o un problema- y las imágenes mentales, perspectivas particulares de un determinado modelo mental.

En general una representación es cualquier notación, signo o conjunto de signos que re-presenta alguna cosa, en ausencia de esa cosa que es. Pueden ser: externas e internas o mentales. Las representaciones externas son del tipo de los mapas, diagramas, pinturas, manuales, existen dos grandes clases de representaciones externas: las pictóricas o diagramáticas y las que hacen uso de la palabra o lingüísticas.

La teoría de los modelos mentales plantea que el sistema cognitivo humano no contiene reglas de ningún tipo sino que opera a partir del significado, y a partir de la semántica de las situaciones descritas en los problemas.

Es evidente que las personas no operamos con el mundo real ni con partes de este, sin embargo, somos capaces de sacar conclusiones relativas al mundo que nos rodea e incluso verificar la plausibilidad de tales conclusiones sin recurrir a su comprobación empírica, para Johnson-Laird (1985), esto es posible porque poseemos modelos mentales construidos a partir de las experiencias que funcionan de modo semejante a como lo haría un modelo computacional de un fenómeno físico. Los modelos mentales pueden ser construidos a través de la percepción, a través del discurso, también a partir de un conjunto de afirmaciones sobre objetos o eventos, es así como

recíprocamente la comprensión del discurso, implica la construcción de un modelo mental.

Las representaciones mentales también pueden ser divididas en dos clases; las analógicas y las proposicionales, la imagen visual es el ejemplo típico de representación analógica, pero hay otras como las imágenes visuales, las olfativas, las táctiles y los modelos mentales.

La teoría de los modelos mentales es una teoría sobre la integración de la información en la memoria operativa. Es decir sobre el modo como se va actualizando la representación que nos hacemos de una determinada situación, su objeto de estudio es la comprensión, tanto del lenguaje natural como de los problemas de razonamiento, considera que el referente de la representación no es el texto ni el problema sino la situación que se describe.

#### **4.1.1 Las Representaciones**

En el contexto de la psicología cognitiva, el término representación se entiende como cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que vuelve a presentar algunos aspectos del mundo externo o de nuestra imaginación (Eysenck and Keane, 1991; citados por Greca, 1999).

Las representaciones han sido divididas en dos clases: externas y mentales. Las representaciones externas, se subdividen en lingüísticas y pictóricas; y las representaciones mentales, en proposicionales y analógicas (Greca, 1999).

Tal clasificación ha generado controversia entre los psicólogos cognitivos y aún no se ha llegado a un consenso al respecto; sin embargo, en esta sección del trabajo no se profundizará en la polémica y solo se hará una breve descripción de las características de las representaciones externas y mentales, de acuerdo a Greca (1999).



#### 4.1.1.1 Representaciones externas:

- **Representación lingüística:** Estas representaciones son abstractas, precisan símbolos discretos (palabras), y símbolos explícitos para sus relaciones (proposiciones, conjunciones etc), se ciñen por reglas gramaticales, son arbitrarias y determinadas por convención (Greca, 1999).
- **Representación pictórica:** Estas representaciones son concretas, no precisan símbolos discretos, los símbolos para establecer relaciones son implícitos, no existen reglas de combinación (Greca, 1999). Ejemplo, Diagramas, pinturas.

#### 4.1.1.2 Representaciones mentales.

Las representaciones mentales o internas, surgen de la premisa de que las personas no captan el mundo directamente, sino que construyen representaciones mentales de éste, que median entre el mundo externo y el interno (Moreira, 1999).

**Representación proposicional:** Estas representaciones, se expresan en el lenguaje de la mente, “el mentales”: un lenguaje propio diferente de los lenguajes que utilizamos para comunicarnos. Las representaciones proposicionales son entidades explícitas, abstractas, discretas (individuales), se organizan a través de reglas rígidas para la combinación de sus elementos, y captan el contenido de la mente, independientemente de la modalidad original en la que la información fue encontrada Moreira (1999). Como ejemplo se tienen las Cadenas de símbolos semejantes a las representaciones de tipo lingüístico.

**Representaciones analógicas:** Son específicas (concretas), se organizan a través de reglas laxas, no son individuales y pueden ser producto de la

imaginación o la percepción (Moreira, 1999).Ej. Modelos mentales, imágenes visuales, olfativas o táctiles.

#### **4.1.1.2.1 Modelos mentales de Philip Johnson Laird**

Johnson Laird difiere de la clasificación que se ha hecho de las representaciones mentales, al dividir éstas en proposicionales y analógicas (imágenes y modelos mentales). Para él, las representaciones mentales son de tres clases: representaciones proposicionales, representaciones analógicas y modelos mentales (Moreira, 1999).

En la teoría de Johnson Laird, las representaciones proposicionales y analógicas, conservan las características descritas anteriormente, pero cobran un nuevo sentido en relación con los modelos mentales. Así, desde su perspectiva los modelos mentales son análogos estructurales de un evento, las representaciones proposicionales permiten describir varios estados del evento modelado y las representaciones analógicas (imágenes) son perspectivas particulares de los modelos mentales (Moreira, 1996).

De acuerdo con la clasificación que hace Johnson Laird de las representaciones mentales, los modelos mentales adquieren la máxima categoría en cuanto a procesos de pensamiento se refiere. La propuesta se sustenta en la idea de que cuando los individuos reciben información del exterior, no la entienden “literalmente”, sino que se traduce en modelos internos, con la finalidad de comprender, explicar y elaborar predicciones del sistema físico (objeto o situación) que el modelo analógicamente representa (Moreira,1996).

En esta línea los individuos pueden elaborar modelos como resultado de la percepción, de la interacción social y/o de la experiencia interna, pero independiente de cual sea el origen de los modelos, éstos se definen por las siguientes características:

- Son Internos, concretos y analógicos.

- Tienen correspondencia directa entre las partes. -No tienen fronteras definidas.
- Deben ser funcionales, para poder explicar y hacer previsiones sobre aquello que representan.
- Son incompletos, inestables y poco precisos.
- Reflejan carencias de las personas.
- Incluyen elementos innecesarios.
- Están limitados por el conocimiento, la experiencia y la estructura misma del sistema cognitivo, son cambiantes.

Estas características determinan la naturaleza de los modelos mentales, haciéndolos rígidos, pero a la vez flexibles; rígidos en el sentido de que representan eventos específicos y esto implica que los individuos elaboren modelos mentales concretos; pero, aunque los modelos mentales son altamente específicos, estos pueden dar cuenta de abstracciones, pues, si explican como se comporta un objeto, bajo condiciones específicas, el constructor de dicho modelo, puede extrapolar ésta información, para predecir el comportamiento de objetos similares bajo las mismas condiciones (Moreira,1999).

Contrariamente a su naturaleza estricta, los modelos mentales son flexibles en la medida que su estructura analógica puede presentar diferentes grados de similitud; es así como éstos pueden ser espacialmente analógicos al mundo exterior, proyectados en dos o tres dimensiones, o pueden representar analógicamente la dinámica de una secuencia de eventos. Aunque Johnson Laird, ubica en un nivel superior de representación mental a los modelos mentales, éstos interactúan permanentemente tanto con las representaciones de tipo proposicional como analógico, permitiendo a la estructura cognitiva de los individuos, comprender y explicar el mundo.

- **Características de los modelos mentales Philip Johnson Laird.**

En su libro, (Johnson-Laird, 1983) define imágenes como vistas de modelos mentales, como perspectivas, como “visuales” de un modelo subyacente, pero en un artículo posterior (1996) considera a las imágenes como algo más que casos especiales de los modelos mentales, a pesar que las imágenes funcionan como modelos y que ambos modos de representación están más relacionados entre sí que cada una de esas representaciones con las proposicionales, las imágenes son distintas de los modelos e involucran procesos mentales diferentes.

Según Johnson-laird los principios que rigen y restringen el funcionamiento de los modelos mentales vienen determinados por:

1. Restricciones inmediatas.
2. Los procesos implicados en su construcción e interpretación.
3. Lo que se puede y no se puede representar en forma de modelo mental
4. Su estructura.

Las restricciones inmediatas están determinadas por el principio de computabilidad, de finitud y de constructivismo.

Los modelos mentales se componen de unidades simples que se combinan para representar estados de cosas y el contenido de las unidades es bastante variable de modo que una unidad puede contener un concepto, una proposición e incluso segmentos del discurso de mayor tamaño.

La construcción e interpretación de los modelos se rigen por el principio de economía un determinado estado de cosas se representa por un modelo y este puede dar cuenta de infinitos estados de cosas ya que puede ser sometido a revisión de manera recurrente, esto le permite ir añadiendo detalles a la representación original. Los modelos mentales son estructuralmente idénticos a los estados de cosas que representan, esto marca la diferencia de las formalizaciones lógicas (tablas de contenidos de verdad, círculos de Euler, etc.).

Los científicos emplean para comunicar sus modelos dibujos, esquemas, gráficos estructuras tridimensionales, ecuaciones, entre otros. De una manera similar, los profesores utilizan formas de representación para comunicarse con sus estudiantes.

Para aprender significativamente los conceptos científicos los estudiantes necesitan construir representaciones mentales adecuadas. Autores como (Greca y Moreira, 1997, 1998, 1999, 2000), incorporan el enfoque cognitivo, en sus investigaciones dan cuenta de las dificultades en la construcción de las representaciones, las cuales están lejos de ser triviales. Las características de las representaciones externas, específicamente de las imágenes, que se emplean para favorecer el proceso de comprensión y su influencia en la construcción de representaciones mentales apropiadas, se han venido investigando desde distintas perspectivas cognitivas y en diversos campos del saber.

Es propicio recordar que un componente de la enseñanza basada en modelos es favorecer las habilidades de los estudiantes para moverse entre distintos modos y niveles de representación.

En este estudio se pretende caracterizar algunos elementos en las ilustraciones que sobre el modelo del ADN, se presentan en los libros de texto de octavo y noveno y su pertinencia en la formación de modelos mentales más acordes con los modelos conceptuales, acorde a la definición presentada por Greca y Moreira (1997). Los modelos conceptuales son considerados como los inventados y diseñados por investigadores o profesores para facilitar la comprensión o enseñanza de sistemas, objetos o estados de cosas, son representaciones externas compartidas por una comunidad determinada, pueden formularse de diversas maneras ya sea a través de formulaciones matemáticas, analogías o de artefactos que simulan estructuras, como en el caso del ADN, los modelos conceptuales ya sean de física, química, biología o matemáticas, tienen en común que son representaciones simplificadas e

idealizadas de objetos, fenómenos o situaciones reales, son precisos, completos y consistentes con el conocimiento científicamente aceptado.

Lograr que los estudiantes construyan representaciones mentales adecuadas que les permitan predecir y comprender los conceptos según los patrones científicos es una tarea en la cual intervienen multiplicidad de factores, entre ellos se tienen las características de las representaciones externas que se emplean para enseñar y comunicar conocimiento y la manera en que dichas representaciones son utilizadas enmarcadas en una cultura visual que impacta significativamente en la educación.

Las características de las representaciones externas, específicamente de las imágenes, que se emplean para favorecer el proceso de comprensión y su influencia en la construcción de representaciones mentales apropiadas, se han venido investigando desde distintas perspectivas cognitivas y en diversos campos del saber (Barlow, 1990; Duchastel, 1981, 1988; Johnson-Laird, 1983, 1990, 1996; Vezin J. F y Vezin L., 1988; Zimmermann et. Al, 1991; Denis, 1989, 1996; Denis y de Vega, 1990; Davis, 1993; Dreyfus, 1992; Shin, 1994; Bosch i Casabó, 1994; Schwartz, 1999; Schwartz & Moore 1998; Shwartz & Black, 1996).

Esta propuesta adapta la concepción de representaciones mentales y modelos mentales de Johnson Laird, (1983,1990,1996) esta teoría se ha mostrado como un referencial adecuado en el campo de la enseñanza de las ciencias debido a los planteamientos que éste hace sobre la forma en que funciona la mente, ofreciéndonos una base para elaborar estrategias que pueden permitir acercar la concepción que los estudiantes tienen acerca del modelo del ADN y los mecanismos de transmisión de la herencia biológica, al modelo que la ciencia propone.

## 5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudios que analizan imágenes son de gran interés para las investigaciones en educación, sin embargo a pesar del creciente número de trabajos con tal preocupación, aún no se otorga la suficiente importancia al papel que desempeña este recurso didáctico para la creación de modelos mentales que contribuya a la comprensión de los conceptos involucrados.

Si se observan los libros de texto con los cuales trabajan nuestros estudiantes, se puede comprobar como en general, además de estar formado por el texto expositivo, las ayudas que contienen, como: títulos, resúmenes, señalizaciones, mapas conceptuales e ilustraciones de diferentes clases, pueden no ser las más adecuadas para facilitar la comprensión, no basta con que estén presentes, sino que es necesario que ayuden a la construcción de un modelo mental por parte del estudiante, si esas ayudas, particularmente, las ilustraciones fuesen empleadas correctamente, podrían influir positivamente, en la creación de unos modelos mentales adecuados que derivasen en una comprensión beneficiosa para el aprendizaje,

Leer imágenes y textos, intentando entender como estos elementos construyen significado nos permite una percepción más aguda y también analizar las funciones desempeñadas por las imágenes. Si tenemos en cuenta las características observadas en algunas imágenes y la polisemia (los diferentes significados que una imagen pueda adquirir), del lenguaje visual, se puede decir que esa lectura es inagotable.

Existen evidencias empíricas que todas las personas no poseen las mismas capacidades para utilizar la información gráfica, (Schnotz y colaboradores, 1993), citados por (Perales, 2002). Estos muestran como las estrategias empleadas en la interpretación de la imagen influyen en el aprendizaje, concretamente obtuvieron mejores resultados los estudiantes que usaron con

mayor intensidad las ilustraciones y fueron capaces de construir un modelo mental adecuado.

Glenberg y Langston (1996), Sugieren que las ilustraciones favorecen en los lectores la construcción de un modelo mental mientras leen, contribuyendo a mejorar la comprensión del texto.

El propósito de este trabajo es presentar una lectura de las imágenes, encontradas en los libros de texto de octavo y noveno grado de enseñanza básica sobre el modelo de la molécula del ADN y los conceptos genéticos que de este modelo se derivan, analizándolas en un marco de las funciones ya reconocidas por la literatura existente, identificando algunas características que deben poseer las imágenes para facilitar la construcción de representaciones, más acordes con los modelos conceptuales.

Así al “leer” las ilustraciones intentando entender como los elementos presentes en ellas, construyen significado, nos permite una percepción más aguda y también analizar las funciones desempeñadas por ellas.

En el análisis de ilustraciones se puede contemplar dos niveles de comprensión, el aspecto semántico el cual se refiere a los aspectos que el autor tuvo intención de otorgarle (identificación literal de la ilustración), y el aspecto pragmático (las interpretaciones que el lector añade a las intenciones originales del autor en función de sus saberes y experiencias). Este último aspecto abre un amplio campo a las indagaciones en el aula, por lo tanto se posibilita como una línea para futuros trabajos de investigación. .

Además, cuando hablamos de lectura de imágenes es porque le otorgamos a la imagen una categoría dentro de un sistema de representación, no hay una sola manera de leer imágenes que sea la más correcta desde el punto de vista educativo sino que esa lectura depende del sujeto, de la percepción de cada individuo y de su grado de instrucción en el mundo de las imágenes, de allí la riqueza.



La lectura depende de la propia característica polisémica de la imagen, podemos distinguir en la imagen el nivel de denotación que es el propio análogo, y el de connotación que es la manera por la cual la sociedad lee, piensa e interpreta la imagen. Pero la construcción de un modelo mental adecuado y por lo tanto el logro de una buena comprensión, va a depender tanto de las características del lector (conocimientos previos, amplitud de la memoria operativa) y de los procesos de generación inferencial como de la característica del propio texto (Meilan y Viero, 2002).

Diferentes autores han encontrado roles significativos sobre el papel que puede jugar las ilustraciones en lo referente al aprendizaje de las ciencias: se han utilizado para identificar ideas previas de los estudiantes, (Osborne y Gilbert 1990), también se encuentran diferentes trabajos sobre el empleo de las tiras cómicas (Corner y Romero, 1998), de igual manera (Moles, 1991) considera que el procesamiento de la información contenida en las imágenes representa ventajas frente a la lectura del texto, ya que permite una lectura en superficie, es decir, no está limitada por la lectura secuencial característica del lenguaje verbal. Chen (1995); Mayer y Gallini, (1999) coinciden cuando señalan que las ilustraciones desempeñan un papel crítico en las tareas de resolución de problemas, ya que muestran relaciones estructurales con claridad y economía. Otero, (2002); Moreira y Greca (2002) estudian el problema de las imágenes externas y su utilización en la enseñanza de la física desde una visión cognitiva.

Es de resaltar que los trabajos de investigación encontrados sobre las ilustraciones en el aprendizaje de las ciencias y su importancia en la formación de modelos mentales versan sobre todo en conceptos de física, se han encontrado muy pocos que trabajen sobre conceptos biológicos.

Novaes (1995) en el artículo, “el papel de la imagen, de la imaginación y del imaginario en la educación creadora” destaca la importancia de la imagen en estos términos “la imagen sin duda se constituye en mediadora indispensable del desarrollo del pensamiento, de la acción y del lenguaje del educando. Siendo así se considera importante que una propuesta de educación creadora

tome en cuenta la posibilidad de su contribución a un pensar productivo, a un actuar participativo y a un comunicar debidamente contextualizado socioculturalmente.”

Si se piensa de esta manera la imagen expande su contenido, permitiendo el desarrollo continuo de los niveles de abstracción y buscando diferentes niveles de comprensión para que pueda colaborar con el entendimiento de conceptos, principios y generalizaciones, como también aporta Novaes, (1989), (citado por Silva, 2006) “ la imagen individualizada con creatividad en educación permite formas diferenciadas de percepción, discriminación y de valoración de la realidad y estimula comportamientos vinculados a la originalidad y a la apropiación de lo nuevo, despertando la curiosidad, la receptividad y la autodirección” .

En el artículo “una propuesta para el análisis de las imágenes científicas” la autora habla sobre la especificidad de la imagen científica considerándola como el resultado de un proceso histórico y social por el que se dota a la representación visual, frente a otras funciones y valores de la imagen de carácter estético y simbólico, de una legitimación epistemológica, vinculada a la construcción y a la comunicación del conocimiento (Ortega, 2002).

## **5.1 Lectura de imágenes**

En lo que al problema de interpretación iconográfica se refiere, se asume y se sitúa por encima del estadio de la percepción a nivel psicológico y en lo referente a su inscripción en los procesos de enseñanza aprendizaje pretende ser previa y condicionante de la reflexión didáctica, si se tiene en cuenta también el problema general de la representación iconográfica, uno de los aspectos que mejor expresa la poca importancia asignada a las complejidades cognitivas de la imagen –interna y externa- es la atribución de la sencillez, de la que se deriva el hecho de considerar a la imagen pertinente para los niveles iniciales de la escolaridad, contrariamente a esta creencia del sentido común, las investigaciones cognitivas (Schwartz, 1999, citado por Otero y Greca, 2003)

señalan que el formato imaginístico pueden ser poco económico para el sistema cognitivo, en términos de procesamiento y de memoria.

Entre otros aspectos en los libros de texto se pueden analizar las relaciones generales entre el texto principal y las ilustraciones, discutiendo si el tipo de imágenes utilizadas es el adecuado para convertirse en un apoyo visual que complemente y ayude a una formación de modelos mentales para facilitar la comprensión del concepto involucrado, si realmente aporta nueva información de carácter cognitivo a lo explicitado por el texto y si funciona como auxiliar visual de la memoria, y no solamente como un adorno o una herramienta para ayudar al diseño y a la descarga de la masa del texto.

Construir una categorización adecuada para las diferentes clases de ilustraciones motivo del análisis, constituye uno de los principales planteamientos a resolver, razón por la cual este trabajo se basa en clasificaciones previamente existentes y ampliamente probadas en investigaciones anteriores. Como es el criterio de considerar a las imágenes según su grado de iconicidad (grado de similitud con aquello que codifican), propuesto por Otero y Greca (2003) en el trabajo de “las imágenes en los textos de física: entre el optimismo y la prudencia” en donde prima una mirada cognitiva y no semiótica. Es así como en los libros de texto se identifican:

- **Fotografías:** Son las imágenes más estrictamente analógicas, guardan un estrecho paralelismo con aquello que representan, se reutilizan principalmente para ofrecer una representación lo más directamente posible de modelos, montajes, personajes, etc.
- **Ilustraciones:** Son dibujos que se utilizan principalmente para reducir o minimizar la abstracción de un texto. Las ilustraciones guardan gran parecido con lo que se quiere representar.

- **Esquemas:** Contienen notaciones más abstractas que pueden vincular elementos de naturaleza intermedia entre lo simbólico y lo icónico involucran información menos específica y detallada que las ilustraciones y las fotografías, son menos analógicos.

Uno de los artículos encontrados, el de Perales y Jiménez (2002) tiene como finalidad presentar unas bases teóricas sobre las cuales evaluar la adecuación de las ilustraciones en los libros de texto de física, ellos realizaron ese análisis mediante una categorización de las ilustraciones presentes en los libros españoles surgidos a partir de la reforma del sistema educativo. En ese estudio se incluyeron variables que describían aspectos formales de las ilustraciones y la función que desempeñaban en el texto.

Para el análisis de la función se utilizó una rejilla abierta denominada clasificación por montones (Zuleima, 1991) de modo que cuando aparecía una función nueva, no descrita con anterioridad, no asimilable en las categorías existente se añadía a la lista.

- **Las variables objeto de análisis son:**

1. Función de la secuencia didáctica
2. Iconicidad
3. Funcionalidad
4. Relación con el texto principal
5. etiquetas verbales
6. Contenido científico que las sustenta

Variables que se pueden emplear, para los objetivos propuestos en este trabajo se extrapolarán estas categorías o variables, a los diferentes libros de texto de Ciencias Naturales, donde se analizan las ilustraciones sobre el modelo de ADN.

Pero las ilustraciones también conllevan aspectos formales que son los que se refieren a cómo están realizadas y dispuestas las ilustraciones en el texto y aspectos semánticos son los que se refieren a la significación para el lector.

Las ilustraciones no aparecen aisladas dentro del libro, ellas están inscritas dentro de un texto, tiene múltiples elementos y para su análisis se deben tener en cuenta otros aspectos a saber:

- **Códigos comunicativos que interactúan con las imágenes.**
  
- **El código espacial.** La elección de la parte de realidad representada y del punto de vista desde el que esta realidad se contempla (arriba, abajo, izquierda, derecha), es decir, el encuadre. Se hace siempre con una intención: objetividad/distorsión, realismo/ engaño; etc. y da noticia de la posición física e ideológica del autor del mensaje icónico.
  
- **El código simbólico.** A veces, las imágenes representan muchas más cosas de las que aparecen en ellas. Se produce entonces un proceso comunicativo de carácter simbólico que hace posible la representación de ideas abstractas o inmateriales. Las relaciones entre los símbolos y aquello que simbolizan pueden establecerse: por analogía: por ejemplo, la calavera que representa la muerte; por relación causa-efecto; o por pura convención social libremente pactada: por ejemplo, la paloma, símbolo de la paz.
  
- **Los códigos gráficos.** Los instrumentos técnicos con los cuales se elabora el mensaje visual determinan en muchas ocasiones algunas peculiaridades formales de la imagen que matizan o modifican su sentido. Esto es lo que llamamos códigos gráficos. Así, por ejemplo, cuando la realidad se toma con una lente gran angular la imagen resultante produce una sensación de lejanía de los objetos y figuras, aunque éstos estén cerca, y aumentan en el receptor la sensación de profundidad: los objetos cercanos se perciben con una acentuación exagerada de la perspectiva. Por el contrario, si una escena se toma desde lejos con un teleobjetivo la sensación visual que produce es de cercanía y aplastamiento. Por ejemplo, un grupo de personas tomado con un

gran angular desde cerca, dará la sensación de que hay poca gente y que ésta está dispersa; en cambio, tomado desde lejos con un teleobjetivo, la sensación será la contraria: de amontonamiento y gran cantidad de personas.

Otro aspecto técnico que puede modificar el significado de la imagen es el enfoque/desenfoque que a menudo se utiliza como elemento expresivo. La parte enfocada de la imagen tiende siempre a realzarse. Todas estas distorsiones pueden provocar ambigüedades o equívocos en la apreciación de las imágenes por parte del receptor, este es un aspecto que ayuda a una buena lectura de las ilustraciones, pues posibilita resaltar los aspectos más importantes de los que no lo son.

- **Los códigos de relación.** Los distintos elementos de la imagen que forman el conjunto del encuadre establecen entre sí una serie de relaciones espaciales que sirven para jerarquizar los elementos y ordenarlos en el proceso de examen visual que realizan los receptores. El autor de la imagen puede, pues, en función de las relaciones espaciales, establecer el itinerario de mirada del receptor, y por lo tanto la interpretación del mensaje icónico. Existen muchas formas de composición de la imagen: composición plana o en profundidad, armónica o en tensión, estable o dinámica. El autor juega con tensiones, equilibrios, paralelismos, antagonismos complementariedades etc. que indudablemente aportan a la imagen un sentido determinado.

## **5.2 Análisis de ilustraciones y enseñanza de la transmisión hereditaria.**

El análisis de las ilustraciones, en este estudio, se basa como ya se ha dicho, específicamente con el modelo del ADN y los conceptos derivados de él, por lo cual tiene que ver con la didáctica de la genética. Investigaciones realizadas en este campo han señalado muchas dificultades en la enseñanza y aprendizaje de los procesos hereditarios relacionados principalmente con la complejidad del tema y con las dificultades que caracterizan las estrategias de la enseñanza (Ayuso 1999).

A continuación se hace referencia de manera breve, algunas de las dificultades, que diferentes autores han encontrado en varios aspectos de la enseñanza y el aprendizaje de la transmisión hereditaria, específicamente sobre la localización de la información hereditaria, cuando se les pregunta a los estudiantes si ciertos grupos de seres vivos tienen cromosomas o genes, un buen número de ellos responden que estos atributos solo los tienen las personas y algunos animales, especialmente animales grandes (leones) pero no en otros seres vivos, no reconocen que organismos como las plantas o en hongos, se presenten los cromosomas, estos errores se constituyen en un obstáculo muy importante para la comprensión de los aspectos básicos de la herencia biológica.

Estas dificultades se incrementan cuando se considera los puntos de vista de los estudiantes, en relación con la presencia de la información hereditaria, cromosomas genes, ADN en células humanas o sus explicaciones sobre las relaciones entre ellos. Algunos resultados encontrados por (Banet 1995, 2000;) en una revisión de la presentación que sobre genética hacen los libros de seis reconocidas editoriales son:

- El núcleo central de la genética suele ser las leyes de Mendel. Los estudiantes deben identificar cual ley está implicada en el problema formulado y resolver éste de manera similar a como lo hace el profesor.

Aunque en muchas ocasiones se recomienda introducir los conceptos mediante perspectivas históricas, el trabajo de Mendel no responde a las expectativas. En parte porque las leyes mendelianas convencionalmente se presentan como un hito en la historia, acompañado de mitos con una perspectiva histórica equivocada. Por ejemplo atribuyen a Mendel interpretaciones que él no realizó, lo que lleva a construir una idea incorrecta del genotipo, pues presentan los genes como unidades hereditarias individuales que determinan un carácter específico.

- Los libros presentan una especie de glosario de conceptos básicos, muchas veces errados o con relaciones inadecuadas. Por ejemplo

algunos manuales mencionan el concepto de gen y no el de cromosomas, o no se hacen referencia a los genes en los procesos de división celular.

- En algunos textos no se hace referencia a la meiosis, lo que impide la comprensión de la segregación independiente durante el proceso de división celular, falencia que se refleja al momento de solucionar problemas.
- Como aplicación de las leyes de la herencia es muy utilizada la genética humana, lo que puede ser conveniente si se tiene en cuenta que abordar características más cercanas puede favorecer la comprensión de la herencia biológica. Piensa Banet (1995), que si se aproxima el proceso de la herencia a los estudiantes relacionándolo con sus historias de vida puede ser un elemento motivador, en la medida en que encuentran más significativos los contenidos. Además los estudiantes conocen más sobre el hombre como ser vivo, que sobre plantas, y animales, esto puede facilitar la relación de procesos complejos como mitosis, meiosis, formación de gametos, regeneración celular entre otros.
- Los problemas que se formulan en los textos escolares son normalmente de respuesta cerrada con una única solución, lo que conduce a un aprendizaje mecánico y no a la resolución de verdaderas situaciones problemáticas.

Una vez revelada la estructura de la molécula del ADN comenzó una sucesión de descubrimientos que aún continúan. De hecho la genética ha sido desde entonces la rama de la biología que ha experimentado un mayor crecimiento en los siguientes años, se descubrieron los procesos considerados “el dogma” de la genética molecular, la replicación del ADN, la Transcripción o copia del ADN, la traducción o síntesis de proteínas. Ayuso (citado por Sigüenza 2000), encuentra que una de las mayores dificultades para abordar la genética son las



dificultades de tipo conceptual, en las que incluyen la incapacidad de algunos estudiantes para encontrar el significado o interpretar las palabras concepto.

¿Ayudan las diferentes ilustraciones de la representación de la molécula del ADN, que se encuentran en los libros de texto a una comprensión de dichos conceptos formándose un modelo mental adecuado? O por el contrario ¿las imágenes sobre el modelo del ADN necesitarían un mayor esfuerzo cognitivo por parte de los estudiantes para comprenderlas y formarse un modelo mental que ayude a la comprensión de los conceptos derivados de ese modelo?

## 6. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA

Se implementa una metodología de investigación cualitativa que privilegia la comprensión de los fenómenos estudiados siendo un proceso de investigación interactivo, progresivo y flexible, la recogida de información se realiza a través de estrategias interactivas como: la entrevista, la observación participante, o el análisis de documentos, como es el caso particular de esta investigación. De esta manera se obtiene una comprensión directa de la realidad, no mediada por definiciones conceptuales u operativas, ni filtrada por instrumentos de medida.

Maykut y Morehouse (1994) citado por Galeano y Vélez, (2002) señalan unas características de la investigación cualitativa:

1. El foco de la investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo
2. El diseño es emergente, se elabora sobre la información recogida.
3. El muestreo es intencional, se apoya en criterios internos, no pretende generalizar los resultados.
4. La recogida de datos tiene lugar en situaciones naturales, no controladas.
5. Enfatiza el papel del investigador como instrumento principal de la investigación.
6. el método de recogida de la información es cualitativa, es decir de naturaleza interactiva.
7. El análisis de datos es inductivo: categorías y patrones emergentes se construyen sobre la base de la información obtenida.

Para la investigación cualitativa, el trabajo documental, no es sólo una fuente o técnica de recolección de información, se constituye en una estrategia de investigación, la obtención de información, de análisis e interpretación. Como toda estrategia cualitativa, la investigación documental combina fuentes diversas: documentos de archivos, cartas, libros de texto, fotografías, ilustraciones, investigaciones, documentos de revistas, entre otros. A estas unidades de análisis se les puede “entrevistar” mediante las preguntas que guían la investigación y se les puede observar como se observa cualquier evento, por tanto la lectura de un documento es una mezcla de entrevista y observación (Galeano y Vélez, 2000).

La metodología del presente trabajo es sobre el estado del arte o investigación documental. Se indaga sobre el fenómeno, mediante la revisión detallada y cuidadosa que se hacen de los documentos que tratan dichos temas, textos que son la unidad de análisis cualquiera que sea: libro, artículo, ensayo, tesis, etc. que engrosa el conjunto de cada núcleo temático, pretende ofrecer una visión global del estado actual de conocimiento. La investigación documental da cuenta de un saber acumulado en un momento dado acerca de un área específica del saber, no se considera un producto terminado; da origen a nuevos campos de investigación

Para leer el documento de una manera contextual, fidedigna es necesario tener en cuenta los aspectos que destacan elementos de relevancia a distinguir en una unidad de análisis.

1. Aspectos formales: identificación del autor y la obra.
2. Asunto investigado, Objeto o fenómeno de estudio.
3. Delimitación contextual parámetros temporales, espaciales, sociales y en relación a los sujetos.
4. Propósitos fin perseguido con la investigación implícito o explícito y objetivos.

5. Metodología conjunto de estrategias y procedimientos utilizados.
6. Resultados obtenidos del análisis.
7. Observaciones.

Para articular la anterior definición se tuvo en cuenta el libro “Un modelo para la investigación documental” de Hoyos (2005) texto base para la metodología de este trabajo.

Es importante entender que en la investigación estado del arte se comparte el empleo de los métodos inductivo en la recolección de datos, por interpretación y en la construcción teórica se procede deductivamente.

El proceso de construcción del estado de arte o investigación documental se ha dividido en cinco fases como lo propone Hoyos (2000):

## **6.1 Fases propuestas para una investigación documental:**

### **6.1.1 Fase preparatoria**

Su fin es orientar como ha de realizarse el estudio, cuál es el objeto de investigación, se eligen los núcleos temáticos. Se considera un núcleo temático cada uno de los libros de textos de octavo y noveno grado, escogidos para realizar la investigación, los pasos a seguir y el lenguaje básico a utilizar.

### **6.1.2 Fase descriptiva**

Comprende el trabajo de campo, se realiza con el fin de dar cuenta de los diferentes tipos de estudio que se han efectuado sobre el tema, cada uno de los diferentes documentos encontrados, se consideran como unidades de

análisis, ya sean artículos de revistas, cada una de las ilustraciones encontradas en los textos, cartas, archivos fotografías, entre otros.

La búsqueda bibliográfica se realizó en diferentes bibliotecas de la ciudad, especialmente en la biblioteca central de la Universidad de Antioquia, el centro de documentación de la facultad de educación, la biblioteca de las empresas publicas de Medellín, la biblioteca publica piloto para América latina en bases de datos Dialnet, Eric e internet. Estos dan cuenta de los referentes disciplinares y teóricos, con los cuales se han trabajado. (ver anexos

### **6.1.3 Fase interpretativa**

Permite ampliar el horizonte del estudio por unidad de análisis, en tanto trasciende lo meramente descriptivo que conduce al planteamiento de hipótesis o planteamientos útiles para la siguiente fase. Se investigaron cada uno de los núcleos temáticos: libros de textos en los cuales se hace el análisis de las ilustraciones que sobre el modelo del ADN y los conceptos derivados de él, se encuentran en ellos.

#### **Aspectos o criterios de selección de la muestra.**

Se escogieron diferentes libros de texto para hacer el análisis de las ilustraciones, teniendo en cuenta que son de una alta circulación en el país y pertenecen a las grandes editoriales, la mayoría de los textos son de años recientes , editados entre el 2000 y el 2006, y dos textos de ediciones anteriores para realizar un contraste, diferenciando la pertinencia de las ilustraciones en los libros de texto de ciencias sobre el modelo del ADN , observar si realmente en los libros de texto se tienen en cuenta las investigaciones didácticas realizadas en cuanto al análisis de

ilustraciones, caracterizando elementos que deban poseer, que faciliten la construcción de representaciones, acordes con los modelos conceptuales

En varias ocasiones se ha referenciado, en este trabajo, la escogencia de los libros de texto de octavo y noveno, dos grados de la básica secundaria en vez de uno solo, esto se debe fundamentalmente a:

Los lineamientos curriculares para la ciencias naturales y la educación ambiental (1998, p 139) presentados por el ministerio de educación Nacional de Colombia, proponen la enseñanza de la herencia biológica para el grado 8<sup>o</sup>, concretamente los temas de: código genético e información genética, reproducción y división celular, los factores genéticos adquiridos por un organismo, la interacción entre ellos y la síntesis de proteínas. Sin embargo a partir del momento que se propusieron los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (2004), se ha presentado una situación en la cual no se ha llegado a un consenso sobre que temas de genética dictar en cada uno de los grados o si se deben dictan todos los temas de genética en un solo grado y en cual de ellos sería el más indicado. En los estándares básicos se propone, (en el manejo de conocimiento en el entorno vivo) para el final de noveno grado, los estudiantes deben reconocer la importancia del modelo de la doble hélice en la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario, esta situación, (de no llegar a un consenso) se observa no solo en el desarrollo de los planes de área, sino también en los textos de ciencias naturales y educación ambiental que han presentado las diferentes editoriales en los últimos años.

Libros de texto sujetos a análisis – **núcleos temáticos**-

- Eckhoft, juliew.; Baquero Margarita.; y Peña Gloria, Modulo de ciencias naturales 4, Descubrir, noveno grado, grupo editorial Norma 1989.

- Precaver, Marroquín Julia.; Peña Luz Yadira y otros. CONTEXTOS naturales 8. Editorial Santillana S.A, 2005.
- Precaver, Marroquín Julia.; Peña Luz Yadira y otros. CONTEXTOS naturales 9. Editorial Santillana S.A, 2005
- Arbelaez. Fernando; Samaca Prieto Nubia y otros. CONTEXTOS Naturales 9 Editorial Santillana S.A. 2004.
- González Liliana Patricia. INGENIO CIENTIFICO 9 editorial voluntad 2006
- Jaramillo Maria Elena; Rodríguez José.; y Prieto Lourdes. CIENCIA EXPERIMENTAL 9 grupo editorial Educar. 2005.
- Pargo Lozano Diana Lineth. VIDA 9. Bogota Editorial Voluntad, 2006.
- Bejarano Montero, Cesar A. y col. Conciencia 9. Bogotá Grupo editorial Norma 2003.
- Pedroso, P. Julio A.; Mendieta S. Jeemy y otros. CIENCIAS Prentice Hall 8 Y 9. Bogotá. Pearson educación de Colombia, 2000.
- Moncayo, R; Guido, A. y col Naturaleza y salud Educar editores 4° de bachillerato. 1990.

**Cuadro de núcleos temáticos codificados:**

	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
<b>Código: 1</b>	Descubrir Modulo de ciencias nat	1987	4º	Eckhoff, J. ,Baquero, M. y Peña, G	Norma	12
<b>Código: 2</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ingenio científico 9	2006	9º	González, G Liliana	Voluntad	6
<b>Código: 3</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencias 8	2000	8º	Espinel,M. Mendieta, J. Arbeláez, N	Prentice Hall	4
<b>Código: 4</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Exploremos la naturaleza	1997	8	Espinel,M. Mendieta, J. Arbeláez, N	Prentice Hall	5
<b>Código: 5</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Vida 9	2006	9º	Parga, diana I.	Voluntad	10
<b>Código: 6</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Conciencia 9	2003	9º	Mondragón, C Bejarano, A y col	Norma	7
<b>Código: 7</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencias			Jaramillo,		



	experimental 9	2005	9°	M. Rodríguez j.; Prieto, L.	Educación	2
<b>Código: 8</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencia en construcción	1996	Octavo	Posada Eduardo, Tellez Catalina	Oxford university press – harla de colombia	2
<b>Código: 9</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Contextos naturales 9	2004	9°	Arbeláez, E. Fernando y col.	santillana	8
<b>Código: 10</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Numero de ilustraciones</b>
	Naturaleza y salud	1990	8°	Moncayo, R Guido, A y col	Educación editores	4

El análisis de las diferentes ilustraciones presenten en los núcleos temáticos (libros de texto) vistos en el cuadro anterior, se hará teniendo en cuenta las diferentes categorías propuestas por Perales y Jiménez (2002); las cuales se describen a continuación:

### 6.1.3.1 Categorías de análisis propuestas por Perales y Jiménez (2002)

#### 1. Función de la secuencia didáctica en la que aparecen las ilustraciones:

Entendiendo por ello la serie de afirmaciones, referencia, problemas planteados por los autores del texto, asumiendo que van a ser leídos secuencialmente, es decir, el orden de la exposición responde al plan establecido para ser posible el aprendizaje.

Las categorías son:

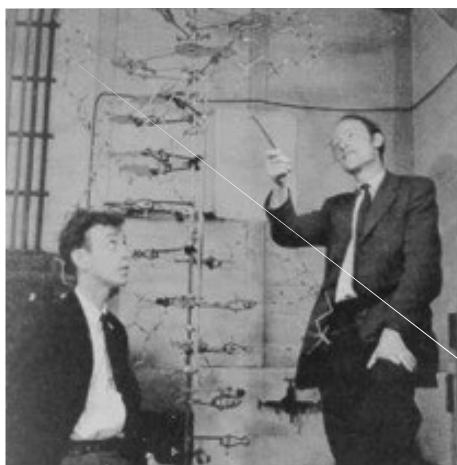
- Evocación se referencia un hecho de la experiencia cotidiana.
- Definición se establece el significado de un término nuevo.
- Aplicación es un ejemplo que extiende o consolida una definición.
- Descripción se refiere al hecho o suceso no cotidiano que se supone desconocido por el lector y permite aportar un contexto necesario.
- Interpretación pasajes explicativos donde se utilizan los conceptos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales
- Problematización se plantean interrogantes cuya finalidad es incitar a los estudiantes a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifique su interpretación.

## 2. Grado de iconicidad.

Establece un grado creciente de simbolización. Las ilustraciones de menor grado de iconicidad (menos realistas) exigen mayor conocimiento del código simbólico utilizado.

Las funciones son.

- **Fotografía:** ( figura 1)



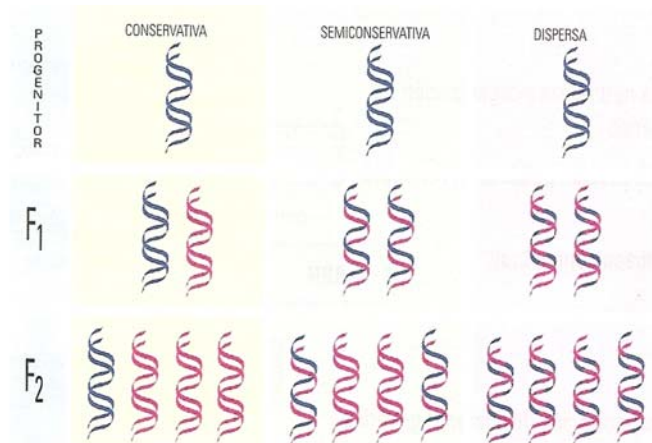
Tomada del libro Contextos Naturales 9º, ed. Santillana.



- **Figurativa con signos normalizados:** incluye aquellas ilustraciones en la que se representa una situación figurativamente y también se representan algunos aspectos más relevantes mediante signos normalizados (figura 2).

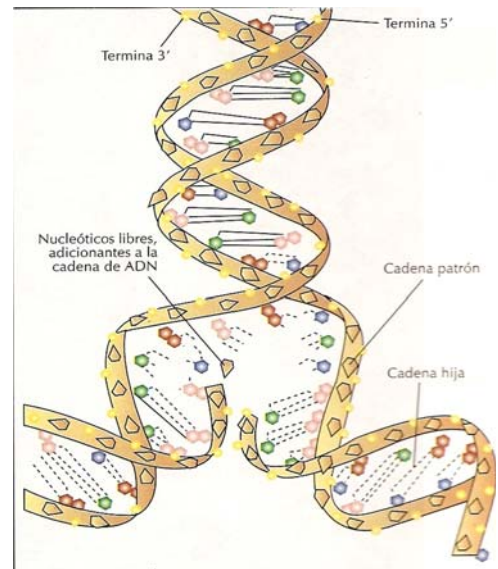
Tomado de Vida 9<sup>o</sup>, ed. Voluntad.

- **Dibujos esquemáticos:** prima la representación de las relaciones prescindiendo de los detalles. (figura 3)



Tomada de investiguemos. Ed. voluntad

- **Dibujo esquemático más signos:**  
Representa relaciones inobservables, que posee reglas sintácticas específicas. (figura 4)



Tomada de Exploremos la Naturaleza 8º, ed. Prentice Hall.

### 3. Funcionalidad de las ilustraciones

La valoración de la mayor o menor funcionalidad de estas herramientas expresivas resulta difícil de establecer genéricamente, por lo que solo se consideran tres categorías de ilustraciones atendiendo a la actividad de aprendizaje que supone para los lectores.

- **Inoperantes:** no aportan ningún elemento utilizable, solo se pueden observar
- **Operativas elementales:** contienen elementos de representación universales: croquis, graficas, cotas, entre otros.
- **Sintácticos:** contienen elementos cuyo uso exige el reconocimiento de normas específicas.

### 4. Relación con el texto principal

Se refiere al tipo de relación establecido entre el texto y las imágenes, a información incluida en las ilustraciones es discontinua y sólo la inclusión en el

conjunto le da significado, se denomina texto combinado con las imágenes establece una doble codificación que debe ser correctamente interpretada en el acto de enseñanza y aprendizaje. Las categorías establecidas en relación con el texto principal son

- **Connotativas:** El texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración. Estas relaciones se suponen obvias y las establece el propio lector.
- **Denotativa:** El texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados.
- **Sinóptica:** El texto describe la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados y establece además las condiciones en la cual los elementos incluidos en la ilustración representan las relaciones entre los contenidos, de modo que la imagen y el texto forman una unidad indivisible.

## 5. Etiquetas verbales

Son los textos incluidos en las ilustraciones que ayudan a interpretarlas. el hecho que el texto este incorporado en la propia ilustración o ser externo a ella permite discriminar entre una ilustración autosuficiente o dependiente del texto no ilustrado. Las categorías establecidas para las etiquetas verbales son:

- **Sin etiquetas:** Las ilustraciones no contienen ningún texto
- **Nominativas:** Letras o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración.
- **Relacionales:** Textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración.

## **6. Contenido científico que las sustenta**

Se refiere al contenido de las ilustraciones. Es, por tanto específico de la temática analizada, en este caso, el modelo de la molécula de ADN y los conceptos de transmisión de la herencia genética.

### **6.1.3.2 Análisis de ilustraciones**

El análisis de las ilustraciones en los libros de texto, exige disponer de herramientas e instrumentos adecuados a los objetivos de la investigación. En este caso se ha utilizado las categorías de análisis propuesta por (Perales y Jiménez. 2002) estas categorías de análisis posibilita encontrar algunos elementos que deben poseer las ilustraciones sobre el modelo de ADN con los cuales puedan facilitarse la construcción de representaciones, acordes con los modelos conceptuales. La comunicación con imágenes supone el aprendizaje de operaciones externas de referenciación, las ilustraciones son el producto de un conjunto de efectos, en los cuales las reglas y el contexto tienen necesariamente que reconstruirse o reconstituirse, una imagen supone una matriz de contexto una capacidad de establecer la relación entre el referente y su representación y hasta un análisis de figurabilidad (Otero,y Greca 2003). Por esto la importancia de identificar los elementos que faciliten una lectura de las imágenes, en las cuales los mensajes emitidos en las ilustraciones sean los más adecuados para comunicar conocimiento, en particular sobre el modelo de ADN y los conceptos derivados de el.

En cada uno de los núcleos temáticos escogidos en este trabajo, se identificaron las ilustraciones alusivas con el modelo de ADN y una a una se analizaba, aplicándoles las diferentes categorías de análisis descritas con anterioridad. El resultado se muestra en estas tablas, es de anotar que los diferentes núcleos temáticos están codificados.

- Cuadro de resultados de análisis por núcleos temáticos

<b>Código: 1</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Descubrir Modulo de ciencias nat	1987	4º	Eckhoff, J., Baquero, M. y Peña, G	Norma	12

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (10)</b>	Descripción	Dibujo esquemático + signo	Operativas elementales	Connotativa	Sin etiquetas	Historia del desarrollo del modelo
<b>2 (10)</b>	Descripción y definición	Figurativo +signos esquematizados	Inoperantes	Connotativa	Nominativas	Historia de la ingeniería genética
<b>3 (10)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático + signos	Operativas elementales	Connotativa	Nominativas	Historia de la ingeniería genética plásmidos
<b>4</b>	Interpretación	Dibujo	Inoperantes	Connotativa	Nominativas	“Tijeras

<b>(11)</b>		esquemático + signos				biológicas de ADN"
<b>5 (11)</b>	Descripción e interpretación	Figurativo +signos	Operativas elementales	Denotativa	Nominativas	Historia de la ing. genética
<b>6 (12)</b>	Aplicación e interpretación	Figurativo + signos normalizados	Operativos elementales	Denotativa	Relacionales	La ingeniería genética
<b>7 (14)</b>	Aplicación	Esquemática	Operativos elementales	Connotativa	Nominativas	Trasformación y traducción
<b>8 (15)</b>	Definición	Fotografía(micro)	Inoperantes	Denotativa	Sin etiquetas	Conjugación
<b>9 (60)</b>	Definición e interpretación	Dibujo esquemático	Inoperantes	Connotativa	Nominativas	Definición de ácidos nucleicos
<b>10 (60)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático +signos	Sintácticas	Connotativa	Nominativas	Modelo de la doble hélice
<b>11 (61)</b>	Problematización	Dibujo esquemático	Sintácticas	Connotativa	Nominativas	Completar la cadena en replicación
<b>12 (63)</b>	Problematización	Dibujo esquemático	Sintácticas	Connotativa	Nominativas	Ácidos nucleicos



<b>Código: 2</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ingenio científico 9	2006	9º	González, G Liliana	Voluntad	6

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (11)</b>	Problematización	Fotografía de un modelo de ADN	Inoperante	No aparece ningún texto que lo relacione	Sin etiquetas	Indagar conocimiento previos
<b>2 (12)</b>	Definición	Dibujo esquemático más signos	Sintácticas contiene elementos de representación universal	Connotativa	nominativas	Bases nitrogenadas
<b>3 (16)</b>	Aplicación	Esquemático	Inoperantes	Connotativa	Nominativa	Modelo de replicación del ADN
<b>4 (17) a</b>	interpretación	Se combina dibujo figurativo y esquemático	Operativas elementales	Connotativa	Nominativas	Experimento de Meselson y Stahl.
<b>5 (17)b</b>	Aplicación	Esquemático más signos	Sintácticas	Connotativa	Denotativa, en pie de ilustración	Definición de replicación
<b>6 (20)</b>	Aplicación	Esquemático	Operativas elementales	Connotativa	Nominativa	Proceso de transcripción.

<b>Código: 3</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencias 8	2000	8º	Espinel, M. Mendieta, J. Arbeláez, N	Prentice Hall	4

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (164)</b>	Definición	Dibujo esquemático mas signos	Operativas elementales	connotativas	Relacionales	Componente del núcleo
<b>2 (165)</b>	Descripción	Símbolos normalizados, en la 1º parte y en la 2º dibujo esquemático	Sintácticas	Denotativa	Relacionales	Modelo helicoidal del ADN
<b>3 (167)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático más signos	Sintácticas	Denotativas	Nominativas	Cadenas de ADN en proceso de replicación
<b>4 (168)</b>	Interpretación	Esquemático más signos normalizados	Sintáctica	Denotativa	Relacionales'	Proceso de replicación del ADN

<b>Código: 4</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Exploremos la naturaleza	1997	8	Espinel, M. Mendieta, J. Arbeláez, N	Prentice Hall	3

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (160)</b>	Definición	Dibujo esquemático mas signos	Operativas elementales	connotativas	Relacionales	Componente del núcleo
<b>2 (152)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático más signos	Sintácticas	Denotativas	Nominativas	Cadenas de ADN en proceso de replicación
<b>3 (165)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático más signos normalizados	Sintáctica	Denotativa	Relacionales'	Proceso de replicación del ADN

<b>Código:</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
<b>5</b>	Vida 9	2006	9°	Parga, diana I.	Voluntad	10
<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (40)</b>	Definición	Fotografía de un modelo de ADN	Inoperante	Connotativa	Ilustración sin ningún texto	Modelo de la molécula del ADN
<b>2 (41)</b>	Definición	Dibujo esquemático	Operativos elementales, contiene elementos de representación universal	Denotativa	El título introduce la ilustración, Relacionales	Nucleótidos, bases nitrogenadas del ADN
<b>3 (41)</b>	Interpretación	Dibujos esquemáticos más signos normalizados	Contiene elementos cuyo uso exige conocimiento de normas específicas	Connotativa	Nominativas Palabras que identifican algunos elementos de la ilustración	Apareamiento de las bases nitrogenadas
<b>4 (43)</b>	Interpretar situaciones	Dibujo esquemático	inoperante	Denotativa	nominativas	Competencias par interpretar situaciones
<b>5 (44)</b>	Aplicación	Dibujo esquemático	Operativas elementales	Denotativa	Nominativas	replicación

<b>6 (46)</b>	Problematización	Dibujo esquemático	Inoperantes no aportan mucho solo se pueden observar	Connotativas	Sin etiquetas verbales	construcción de un modelo de ADN con diferentes materiales
<b>7 (48)</b>	Descripción	Dibujo esquemático con signos normalizados	Operativos elementales	Denotativa	Relacionales en epígrafes de la ilustración se describen las relaciones	Que sucede después de la replicación del ADN
<b>8 (49))</b>	Descripción	Dibujo esquemático más signos	Sintácticas	Sinópticas	Relacionales en epígrafes de la ilustración se describen las relaciones	Transcripción
<b>9 (52)</b>	Definición	Dibujo esquemático	Inoperantes	Connotativa	Nominativa	Traducción
<b>10 (63)</b>	Aplicación	Figurativo más signos normalizados	Inoperantes	Connotativa	Denotativa lo da el título introducido en la ilustración	Biotecnología, obtención de una cerda transgénica

<b>Código: 6</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Conciencia 9	2003	9º	Mondragón, C Bejarano, A y col	Norma	7

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (23)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático + signo	Operativas elementales Connotativas	Connotativa	Nominativa	Estructura interna de los cromosomas
<b>2 (25)</b>	Interpretación	Fotografía del modelo de ADN Y esquema del modelo	Inoperantes	Connotativa	Sin etiquetas	Modelo helicoidal de la molécula de ADN
<b>3 (25)</b>	Descripción	Dibujo esquemático	Sintácticas	Connotativa	Nominativa	Apareamiento de bases , configuración química
<b>4 (26)</b>	Definición	Esquemático + signos ( muy	Inoperantes	Connotativa	Nominativa	Replicación del ADN

		simplificado				
<b>5 (26)</b>	Descripción	Esquemático muy simplificado	Inoperantes	Connotativa	Sin etiquetas	Replicación
<b>6 (27)</b>	Interpretación	Dibujo esquemático más signo	Operativos elementales	Connotativa	Nominativas	Síntesis de proteínas
<b>7 (39)</b>	Interpretación	Esquemático + signos	Operativos elementales	Denotativa	Relacionales	mutaciones

<b>Código: 7</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencias experimental 9	2005	9°	Jaramillo, M. Rodríguez j,; Prieto, L.	Educar	2

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (portada)</b>	No tiene	Dibujo esquemático	Inoperantes	No hay texto principal	No hay	ninguno
<b>2 (7)</b>	Definición	Dibujo esquemático, muy simplificado	Inoperantes	Connotativa	Nominativas, solo las iniciales de las bases	ADN



<b>Código: 8</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Ciencia en construcción	1996	Octavo	Posada Eduardo, Tellez Catalina	Oxford university press – harla de colombia	2

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (210)</b>	Definición	Fotografía de un modelo de ADN, realizado con esferitas de diferentes colores	Inoperantes, sólo cabe observarlas	Connotativa	Nominativas	Genes formados por ADN, mutaciones
<b>2 (221)</b>	Problematización	Dibujo esquemático	Operativas elementales	Denotativa: la explicación incluida en el esquema	Relacionales	Procedimiento a seguir para insertar un gen en una bacteria

<b>Código: 9</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Contextos naturales 9	2004	9°	Arbeláez, E. Fernando y col.	santillana	8

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>	<b>0</b>					
<b>1 (37)</b>	Definición	Dibujo esquemático	Operativas elementales	Denotativa	Nominativa	Representación esquemática de un ácido nucleico
<b>2 (37)</b>	Descripción	Dibujo esquemático con ampliación de algunos detalles	Inoperante, solo cabe obsérvalas	Denotativa	Nominativa	Modelo helicoidal propuesto del ADN propuesto por Watson y Crick.
<b>3 (38)</b>	Ilustración aislada, sin secuencia didáctica, no se relaciona texto e	Fotografía, retocada en computador	Inoperantes	Connotativa	Sin etiquetas	Modelo del ADN

	ilustración					
<b>4 (38)</b>	Definición	Dibujo esquemático más signos	Operativas elementales	Denotativos	Relacionales	Replicación del ADN.
<b>5 (39)</b>	Interpretación	Fotografía de Watson y Crick con el modelo de ADN.	Inoperantes, solo cabe observarlas	Connotativa	Sin etiquetas	Historia de la ciencia, el descubrimiento de la estructura del ADN.
<b>6 (39)</b>	No se establece ninguna secuencia didáctica, se utiliza para decorar la pagina	Fotografía, con efectos por computador	Inoperantes	Connotativa	Sin etiquetas	Cadena de ADN, modelo en acrílico
<b>7 (41)</b>	Definición	Dibujo esquemático	Operativas elementales	Denotativa, la relación se establece con el título de la ilustración	Relacionales	Transcripción
<b>8 (41)</b>	Descripción	Dibujo esquemático	Operativas elementales	Connotativa	Nominativas	Corte y empalme del ARN, para eliminar los intrones de ADN sin información

<b>Código: 10</b>	<b>Nombre del texto</b>	<b>Año</b>	<b>Grado</b>	<b>Autores</b>	<b>Editorial</b>	<b>Número de ilustraciones</b>
	Naturaleza y salud	1990	octavo	Moncayo R Guido Alfredo y col	Educar editores	4

<b>Categoría</b>	<b>Secuencia didáctica</b>	<b>Iconicidad</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Relación con el texto Principal</b>	<b>Etiquetas verbales</b>	<b>Contenido que la sustenta</b>
<b>Ilustración y pág.</b>						
<b>1 (49)</b>	Definición	Dibujo esquemático	Inoperantes solo cabe observarlas	Connotativa	Nominativa	Estructura del material genético
<b>2 (50)</b>	Descripción permite aportar un contexto necesario	Dibujo esquemático más signos	Operativos elementales	Connotativa	Nominativa	Desarrollo histórico de los conocimientos acerca del ADN
<b>3 (52)</b>	Interpretación. pasajes explicativos	Dibujo esquemático más signos	Sintácticas	Denotativa, texto en la ilustración	Relacionales	Transmisión del mensaje genético
<b>4 (53)</b>	Problematización	Dibujo esquemático más signos	Inoperantes	Denotativa	Nominativa	Taller. Como el ADN hace copias de si mismo

- Ejemplos de ilustraciones analizadas

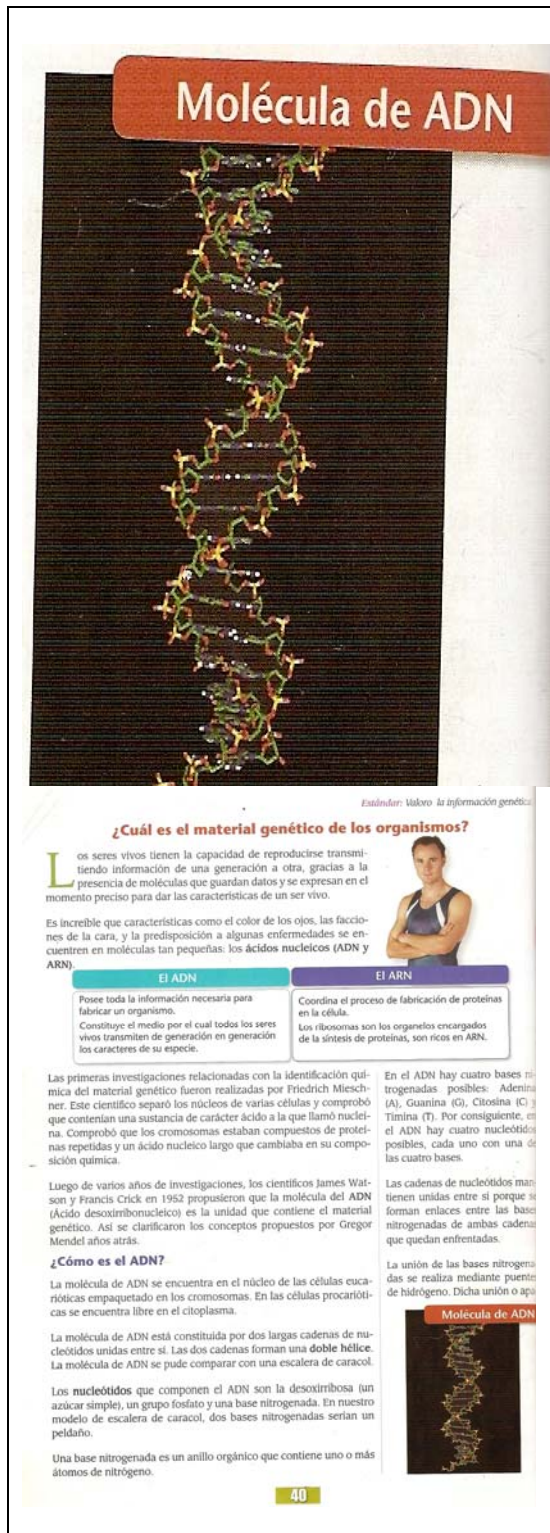
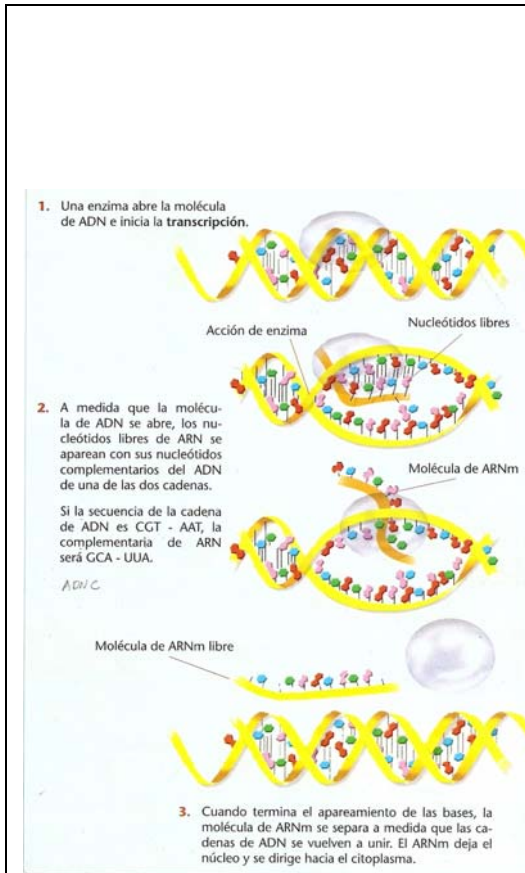


Fig. 1 Tomada del texto. Vida 9. Parga Lozano Diana L, pag 40.

La ilustración aparece en el recuadro inferior derecho de la pagina solo con el rotulo del titulo sin ninguna otra señal, texto o signo que pueda ampliar la información. Por el espacio y diseño empleado se puede deducir que se le atribuye más valor al texto que a la imagen, sin embargo al no utilizar ningún otro elemento que relacione texto e imagen, el autor al emplear la fotografía se apoya en la idea que estas imágenes son pruebas objetivas y neutras de algo que existe. Se sobre evalúa el valor cognitivo de la imagen, sin producir la facilitación que se le atribuye

Es inoperante, no aporta elementos utilizables, solo cabe observarla, pues no contiene elementos que faciliten un modelo mental acorde con el modelo científico.



**amiento crítico**

¿que puede fallar el proceso de transcripción? ¿Por qué?

Fig. 1 Tomada del texto. Vida 9. Parga Lozano Diana L, pag 49

Se le asigna a la descripción explicativa de la ilustración un lugar muy importante, que se manifiesta tanto en las relaciones establecidas en el discurso verbal como en la abundancia y extensión de los epígrafes de las figuras, a partir de la descripción se orienta la interpretación de la ilustración facilitando su lectura.

Contiene elementos de representación que pueden ser utilizados universalmente

Secuencia didáctica: Descripción.

Iconicidad: dibujo esquemático con signos.

Funcionalidad: sintácticas contiene elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas

Relación con el texto principal:

Sinópticas El texto describe la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados.

Relacionales en epígrafes de la ilustración se describen las relaciones.

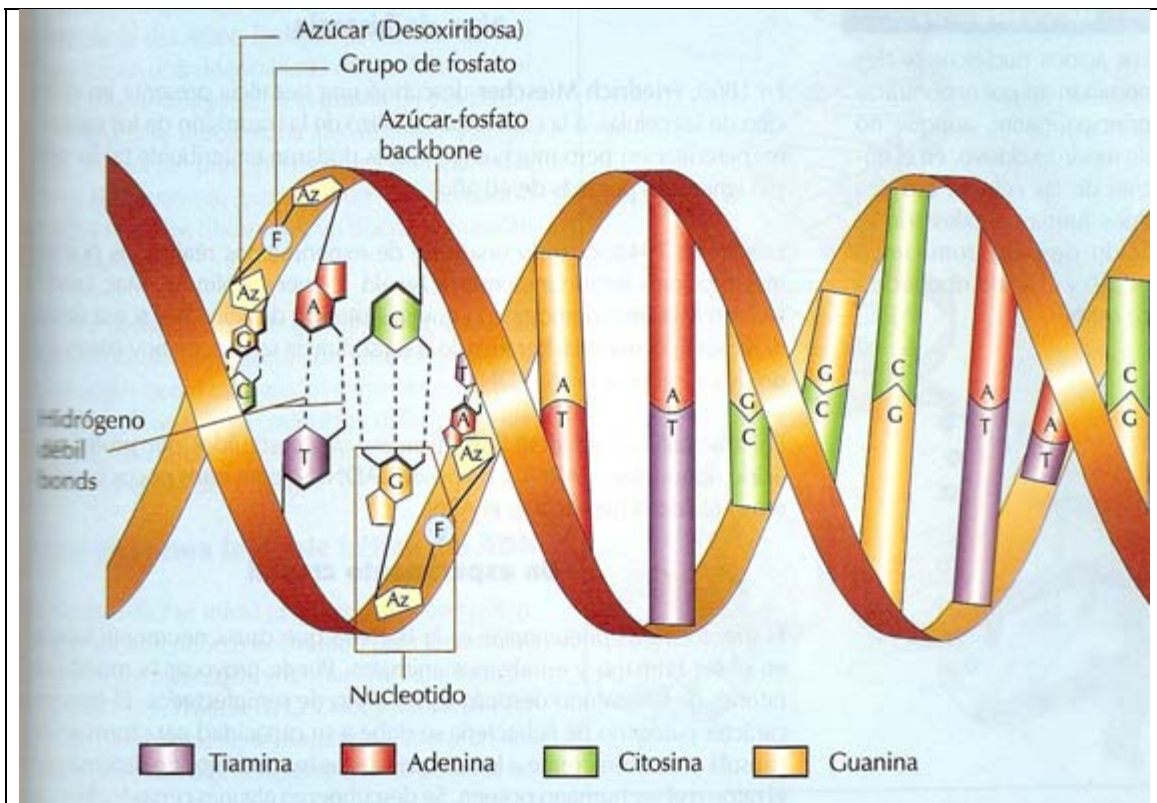


Fig 3, tomada del de texto ciencias 8°. Espinel, M. y col pag 165

Frecuencia didáctica: Descripción y definición.

Iconicidad : descripción en signos normalizados y dibujo esquemático

Funcionalidad: sintácticas contienen elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas.

Relación con el texto principal: Denotativas el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados.

Etiquetas verbales: Nominativas, letras o palabras que identifican algunos de los elementos de la ilustración.

Contenido que la sustenta: modelo helicoidal del ADN.

En esta ilustración podemos ver varios elementos que ayudan a una lectura del modelo de ADN: elementos de representación universal como son los esquemas de las bases nitrogenadas, tanto purinas como pirimidínicas

Letras y texto que identifican algunos de los elementos de la ilustración

Se utiliza la ilustración como instrumento para reducir la abstracción de los conceptos relacionándola con el texto, se entiende la idea de que la imagen necesita ser explicada al lector para contribuir a una interpretación científicamente adecuada.

#### **6.1.4 Fase de construcción teórica global**

Comprende un balance de conjunto que parte de la interpretación por núcleo temático, para mirar los resultados del estudio, como vacíos, limitaciones, dificultades tendencias y logros obtenidos con el fin presentar el estado actual de la investigación de manera global que permita orientar nuevas líneas de investigación. En esta fase se realizó un balance general de cada una de las categorías de análisis, elaborando diferentes graficas que dan una información global de cómo son utilizadas las diferentes ilustraciones en los libros de texto, para diferenciar características o elementos que deben poseer las ilustraciones para facilitar la formación de representaciones más acordes con los conceptos científicos.

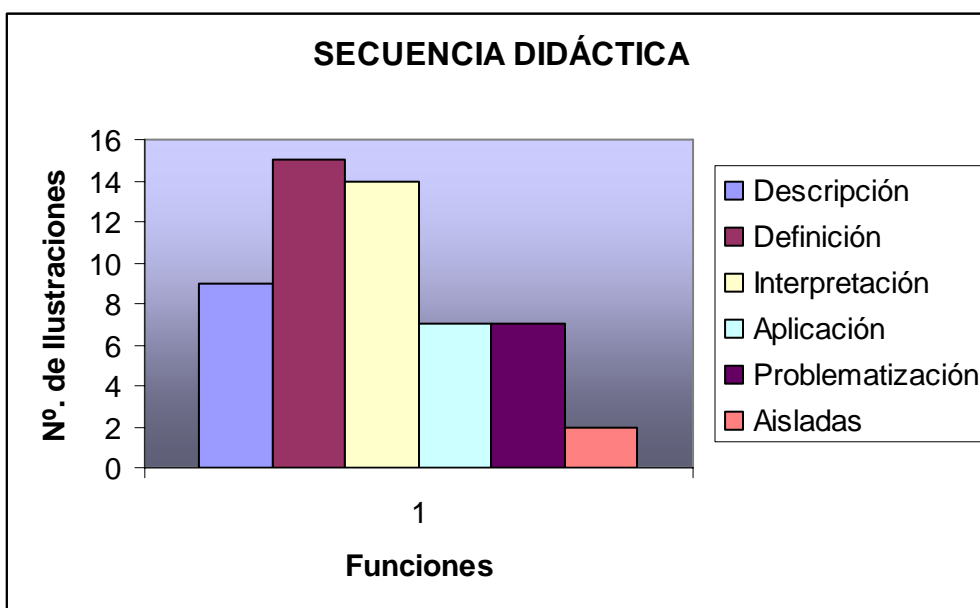
Para este trabajo, se hace la construcción global a partir del análisis de los núcleos temáticos; en este contexto, indican que en la actualidad se están presentando cambios significativos en el diseño de las ilustraciones que aparecen en los libros de texto, así cuando se comparan un textos del año 1987, Descubrir, módulos de ciencias naturales, - este libro de texto se declara como libro guía de actividades, de modo que se presentan espacios en blanco donde se pueden colocar las respuestas a las cuestiones planteadas- con los de años más recientes se observa fundamentalmente un cambio en el tipo de ilustraciones, y en el grado de iconicidad, en este libros la interpretación desempeña un papel muy importante y la presentación de situaciones problemáticas se alternan con las definiciones, pero no se trata de situaciones verdaderamente problematizadoras. Mientras en los libros más recientes se hace un gran despliegue de los recursos técnicos de impresión y de gran colorido, en los más antiguos se trabaja con un tipo de ilustración muy sencillo, generalmente pertenecientes a la categoría de dibujos esquemáticos muy simplificados, en su mayoría en blanco y negro, pero a pesar de su simplicidad poseen uno de los elementos que puede ayudar a una



acertada lectura de la ilustración y por lo tanto estas ilustraciones ayuden a la formación de unos modelos mentales más acorde con los modelos que propone la ciencia, en ellas se enfatizan en los aspectos más relevantes. En comparación con los libros de texto de los últimos años 2000 al 2006 en los cuales se muestran estructuras más complejos, muchos de ellos cuentan con una guía de manejo dirigida a los profesores y en ellas de igual manera se hace evidente la poca relación entre texto e ilustraciones.

Analizando las ilustraciones a nivel general, en los diferentes núcleos temáticos la categoría de secuencia didáctica, la función definición e interpretación son las que aparecen en mayor porcentaje.

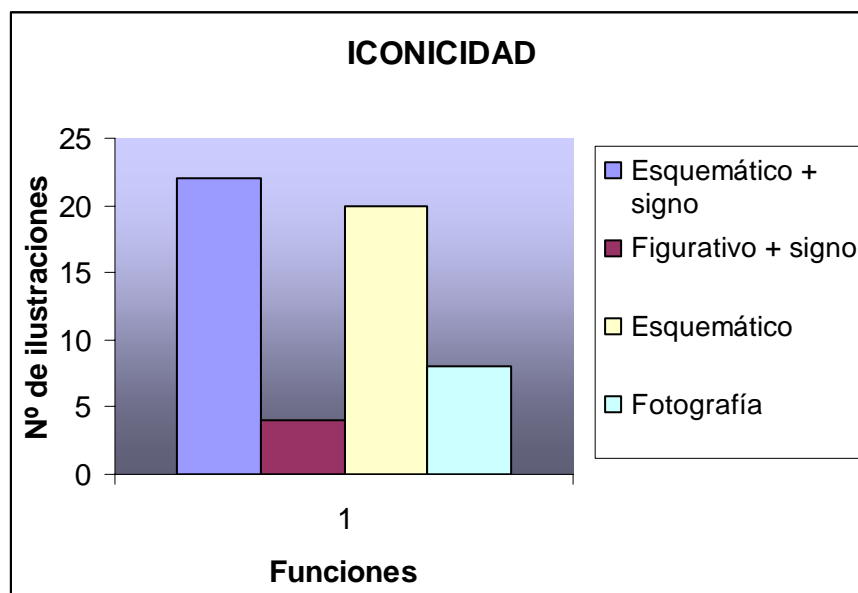
**Gráfico 1. Total de ilustraciones 54**



La función aplicación la cual se ha definido como un ejemplo que extiende o consolida una definición, por la misma temática escogida, el modelo de ADN, se presenta en muy pocas ilustraciones, se da sobretodo en las ilustraciones que hacen referencia a las aplicaciones de la genética, como son la clonación, los transgénicos, la ingeniería genética.

La función problematización, en la cual se plantean interrogantes que no pueden definirse con los conceptos ya definidos, su finalidad es incitar a los estudiantes a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema, presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque, según lo ha definido (Jiménez, y Perales, 2001) aparece en un porcentaje bajo en las ilustraciones de los diferentes núcleos temáticos analizados, a pesar de ser uno de los elementos que deben poseer las ilustraciones sobre el modelo de ADN, con los cuales pueden facilitarse la construcción de representaciones, acordes con los modelos conceptuales. Esta función permite la formulación de problemas abiertos y de tal manera se incentiva la participación de los estudiantes es decir promueve la interactividad. La problematización es utilizada en la indagación de conocimientos previos de los estudiantes, convirtiéndose en una excelente herramienta para tal fin.

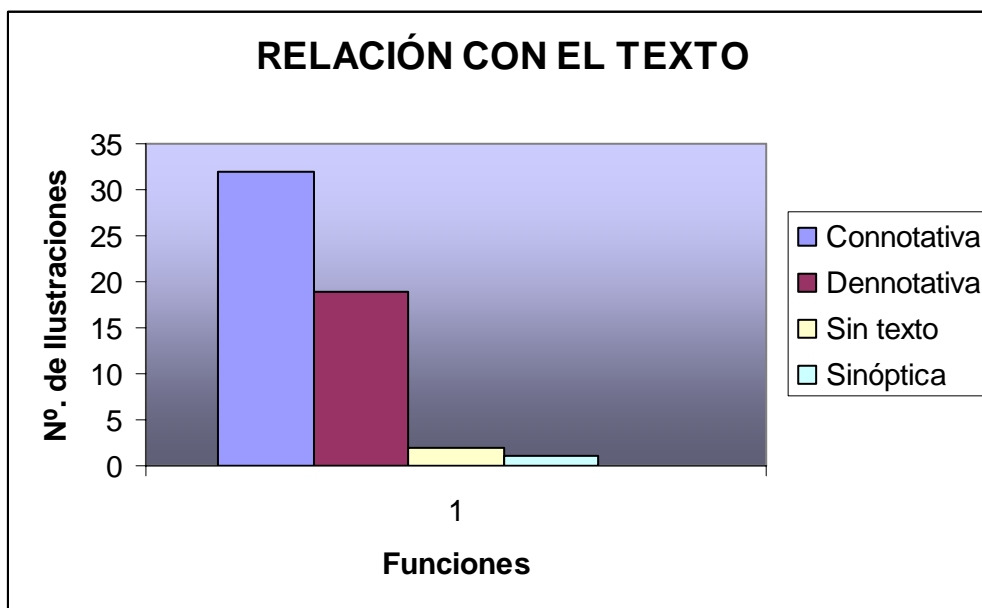
**Gráfico 2. Total de ilustraciones 54**



En los núcleos temáticos y en cada uno de las unidades de análisis trabajados se encontraron pocas fotografías del modelo de ADN y en las ocasiones que aparecen se sobredimensionan, se toman como si fuesen explicativas en si mismas, sobre valorando su papel representacional,

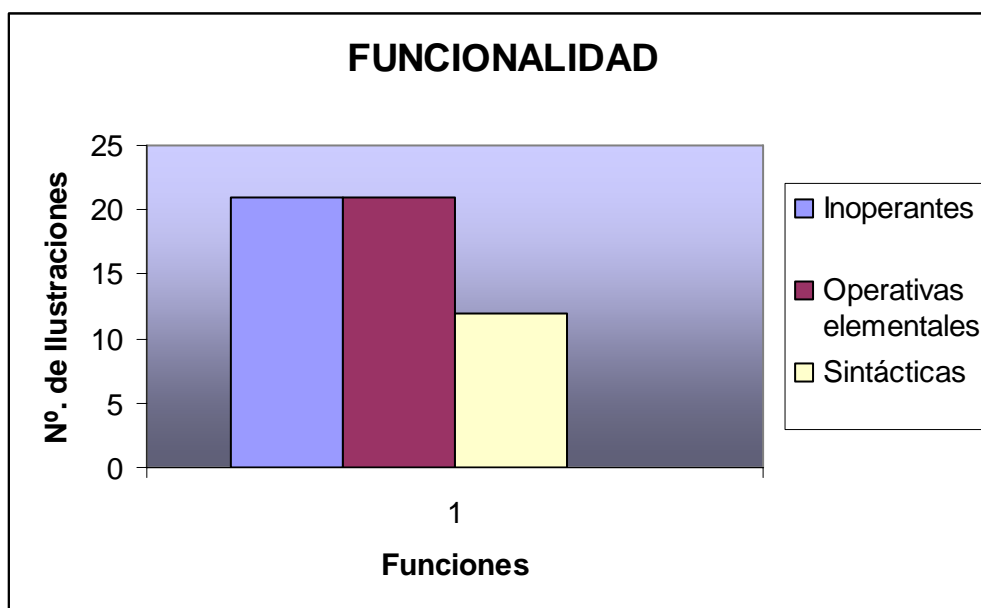
no se dan explicaciones ni aclaraciones, no aparecen etiquetas verbales, ni signos que ayuden a una correcta lectura de la ilustración, no se especifican los aspectos relevantes de los irrelevantes, por lo tanto en estas condiciones esta clase de ilustraciones son inoperantes y no contribuyen a una formación de modelos mentales que faciliten la comprensión de los conceptos sobre la transmisión del material hereditario.

**Gráfico 3. Total de ilustraciones 54**



En los libros de texto de años anteriores y en los más recientes se observa poca relación entre el texto principal y las ilustraciones, generalmente la relación que se establece es solo por continuidad o cercanía de espacio, pero en pocas ocasiones el texto principal hace alusión a las ilustraciones, no se emplean referencias a la figura, o la relación la establece solo el título, y de esta manera se desperdicia otro de los elementos o características que contribuirían a una correcta lectura de la ilustración, porque contrario a la creencia popular “una imagen vale más que mil palabras” la polisemia de las imágenes requieren de unas indicaciones tanto desde la semiótica como desde la cognición para hacer una correcta lectura de ellas.

**Gráfica 4. Total de ilustraciones 54**



En las ilustraciones analizadas, la categoría de la funcionalidad dio como resultado un alto porcentaje de la función inoperante, lo cual significa que son ilustraciones que no aportan elementos utilizables, para hacer una correcta lectura de ellas.

En cambio en la función sintáctica se presentó el porcentaje más bajo. Las ilustraciones que pertenecen a esta categoría contienen elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas y elementos de representación universal que bien pueden ir “guiando” en la lectura de ellas, permitiendo la comprensión y el despliegue de su carácter analógico y motivador que se le atribuyen a las ilustraciones.

### **6.1.5 Fase de extensión y publicación**

Consiste en la posibilidad de divulgar la obra, bien en forma oral, mediante conferencias, seminarios, etc... o bien en forma escrita. Su importancia estriba en poner en circulación un nuevo conocimiento que permite la interlocución con otros grupos y comunidades académicas.

## 7. CONCLUSIONES

1. Las ilustraciones requieren de la adaptación de recursos visuales como la interacción entre las formas icónicas y simbólicas de representación, de igual manera se deben explicitar los aspectos relevantes a través de signos y/o etiquetas verbales, pues las ilustraciones requieren de unos códigos de lectura.

2. Las ilustraciones no son sencillas ni transparentes ellas desbordan de sentidos están llenas de alusiones y sobreentendidos y en consecuencia permiten no un a sola lectura sino múltiples lecturas, esto que para algunos autores es un argumento en contra de la utilización de las ilustraciones para los conceptos científicos, puede ser uno de las fortalezas de las ilustraciones, pues si se utilizan ciertos elementos como los que se han venido caracterizando a lo largo de este trabajo : una secuencia didáctica más enfocada hacia la problematización, Unas etiquetas verbales que enfatizen sobre los aspectos más relevantes, relacionándose directamente texto e ilustración, conformando una unidad. Las ilustraciones que posean estas características pueden ser leídas de una manera idónea favoreciendo a la formación de modelos mentales acorde con los modelos que la ciencia propone.

3. En las ilustraciones analizadas se evidencia la ausencia de un uso que se corresponda con los resultados más recientes de las investigaciones cognitivas en este campo, de igual manera con posturas que señalan la relevancia de la comunicación visual en las practicas discursivas dirigidas a la comunicación y a la generación del conocimiento científico.

4. Las ilustraciones en los libros de texto parecen ignorar las complejidades cognitivas que conllevan las imágenes. Se detecta poca interactividad, que es otro de los elementos que deben poseer las ilustraciones para la formación de representaciones acordes con los conceptos científicos. El recurso visual se utiliza en repetidas ocasiones solo para decorar.

5. Al presentar las ilustraciones son pocos los textos donde se jerarquiza la información, no se enfatiza lo relevante de lo irrelevante.

6. La polisemia de las ilustraciones plantea la necesidad de dirigir con cuidado su interpretación mediante las etiquetas verbales y el uso de signos, existen evidencias de que la concurrencia entre palabras e imágenes ayudan a la comprensión de los conceptos.

## 8. RECOMENDACIONES

Se sabe que las imágenes generan una gran demanda en la memoria de trabajo (Otero y Greca, 2004) sería de interés para la enseñanza de las ciencias naturales realizar investigaciones que consideren en que medida los textos con elevada carga visual favorecen o dificultan la comprensión.

Una línea de investigación que indague sobre las ideas previas que poseen los estudiantes de las imágenes más usadas en la básica secundaria, ya sea en los libros de texto como las utilizadas por los profesores como material de instrucción en sus clases y las posibilidades de aprendizaje que ellas encierran.

Se deben incluir actividades específicas de formación dirigidas tanto a los profesores en actividad como a los maestros en formación sobre las posibilidades que brindan las ilustraciones y los problemas cognitivos que puede tener si no se hace un adecuado uso de ellas.

Así como la complejidad creciente de los libros de textos, más recientes, traen indicaciones precisas sobre como deben ser usados por los profesores (guía de manejo), de igual manera se debe incluir una guía para una correcta lectura de las imágenes, es necesario romper con la creencia popular que una imagen vale más que mil palabras o la supuesta facilidad de las imágenes.

Al estar inmersos en una cultura altamente visual, se requieren de estudiantes que desarrollen competencias y habilidades críticas en la interpretación de ese discurso visual. Esto se puede lograr si en las facultades de educación se incluyen actividades que incluyan el análisis de las dificultades y beneficios y las particulares formas que debería adoptar el discurso visual cuando se trata de enseñar ciencias.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

ALZATE, M.V. (1999) El texto escolar como instrumento pedagógico: partidarios y detractores. Ciencias Humanas U.T.P., N°. 21 Septiembre, pp110-118.

AYUSO, G.E. y BANET, E.(2002) Alternativas a la enseñanza de la genética en la educación secundaria. Revista la Enseñanza de las Ciencias. 20, (1) pp. 133-157.

DIAZ BARRIGA Y HERNÁNDEZ. (2002) Estrategias docentes para un Aprendizaje Significativo. Madrid Ed. McGraww-Hill.

GRECA, I. y MOREIRA M.A, (1996).Un estudio piloto sobre las representaciones mentales, imágenes y proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnetico en alumnos de física genera, estudiantes de posgrados y físicos profesionales. Ensino de Ciencias, 1(1), pp 95-108. En linea en: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

GRECA, I. y MOREIRA M.A., (1998). Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo. Enseñanza de las Ciencias, 16(2,), pp 289-303.

HOYOS, C. (2006) Hacia una cultura de la investigación

JOHNSON- LAIRD, P.N (1983), Mental model: in cognitive cience. Cognitive cience, 4, pp 71-115.

MACIAS, A. MATURANO, C.I (2005) Las representaciones mentales de los estudiantes a partir de un texto y de una ilustración referidas a un mismo fenómeno físico. Enseñanza de las Ciencias, 2005. Numero extra. VII congreso MOREIRA, M.A

JIMÉNEZ, J. y PERALES, F (2002) La evidencia experimental a través de la imagen en los libros de texto de física y química. Departamento de didáctica de las ciencias experimentales Universidad de Granada. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias Vol. 1 N° 2 (2002).

JIMÉNEZ, J. y PERALES, F (2001) Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química en la ESO Revista Enseñanza de las ciencia 19(1), pp. 3-19.

JIMÉNEZ, J. y PERALES, F (2002) Las ilustraciones en la enseñanza – aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. Revista Enseñanza de las ciencias, 2002, 20 (3), 369-386

MAYER, R.E y GALLINI, J.K (1990) When is an illustration worth ten thousand word?. Journal of educational psychology Vol. 82, pp. 715-726.

MEILÁN, E. M. y VIERO, P (2002) Las ilustraciones como ayudas extratextuales que mejoran el recuerdo y el aprendizaje de los textos expositivos. *Cultura y Educación* 2002,14(2), 187-207.

MOLES, A. (1991), *Pensar en línea, Pensar en superficie. Imagen en didáctica enciclopedia del diseño* (pp. 9-35.) Barcelona. Ceac.

NOVAES, E. (1995), El papel de la imagen, de la imaginación y del imaginario en la educación creadora, *Revista Cultura y Educación* 1995 ,12 (2), 78-102

OTERO, M.R., GRECA, I. (2004) Las imágenes en los textos de física entre el optimismo y la prudencia, *cuadernos ceterinense de enseñanza de la física*, 21 (1) pp. 37-67, Universidad federal de Santa Catarina, Brasil. *Revista electrónica de la enseñanza de las ciencias*. Vol. 4 N° 2 (2005).

OTERO, M.R., MOREIRA M. A, GRECA, I (2002) El uso de las imágenes en textos de física. *Revista en investigaciones y enseñanza de las ciencias*. [http:// www.f.ufrgs.br/ pubis/ensino/u7-n2-a2.htm](http://www.f.ufrgs.br/pubis/ensino/u7-n2-a2.htm).

OTERO, M.R., GRECA, I. SILVEIRA, F. (2003) El uso de las imágenes visuales en el aula y el rendimiento escolar en física, un estudio comparativo. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, España. En: <http://www.reec.uvrgo.esv2.n2.a1.htm>.

OTERO, M.R., FANARO M. GRECA, I. (2005) las imágenes en los materiales educativos: la idea de los profesores. *Revista electrónica de la Enseñanza de las ciencias*. Vol. 4 N° 2 (2005).

PERALES, F.; VILCHES, J. y SIERRA, J (2004) Imagen y educación científica *Cultura y educación*, 2004,16(3).289-304.

RODRIGUEZ PALMERO, M.L. y MOREIRA, M. A., (1999). Modelos mentales de la estructura y funcionamiento de la célula: Dos estudios de casos *Investiciones en Enseñanza de Ciencias*, 4(2). Disponible en línea en: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

SINGUENZA, A. F. (2000) formación). de los modelos mentales en la resolución de problemas de genética *Enseñanza de las ciencias* 2000,180(3), pp. 439-450.

ZULEIMA, M.C. (1991), *El documento persuasivo. Análisis de contenido y publicidad*. Bilbao.