

El papel de la imagen en la enseñanza. Análisis de las ilustraciones del proceso de la meiosis en fuentes de consulta utilizadas por alumnos de Biología del CCH Vallejo

Profesora Silvia Velasco Ruiz

Profesora María Antonieta Navarro y Torres

Área Ciencias Experimentales:

Biología I a IV

Plantel Vallejo

mantor49@hotmail.com

svrunam@yahoo.com.mx

Resumen

El propósito general de este trabajo es el análisis de la imagen-texto del proceso de la meiosis, en ocho obras de consulta sugeridas por los programas de estudio de Biología del CCH, y en ocho páginas de Internet consultadas con mayor frecuencia por los alumnos de estos cursos para realizar sus tareas.

El instrumento de análisis incluyó nueve variables relacionadas con aspectos formales propios del material gráfico y 11 variables vinculadas con los requisitos para el aprendizaje, que deben considerarse en la producción de materiales de apoyo, según los especialistas.

Se revisó cada imagen conjuntamente con el texto al que ilustra. El enfoque metodológico del trabajo fue cualitativo: investigación-acción. Se identificó como necesario el acompañamiento de los docentes a los alumnos para la interpretación del mensaje gráfico, sobre todo en la consulta de páginas Web que resultaron con puntajes de evaluación más bajos que los libros de consulta.

Palabras clave: imagen, meiosis, páginas Web, interpretación.

MARCO TEÓRICO

Importancia de la enseñanza de la genética

El plan de estudios del CCH plantea entre sus propósitos brindar a sus estudiantes una formación que les permita interpretar el mundo de una manera más científica, sistemática, coherente y ética, como resultado de su madurez intelectual y formación científica. Esta formación deberá incidir en la flexibilidad de su pensamiento y su capacidad de decisión, aspectos que podrán mejorar su desempeño en el ámbito social y personal.

Entre los contenidos que, por su actualidad e impacto social, se vinculan más claramente con esos propósitos institucionales, se encuentran los correspondientes a temas de genética.

Existen numerosas investigaciones sobre la enseñanza y aprendizaje de la genética y el interés de los especialistas se ha acrecentado, debido a las consecuencias en el ámbito social, económico y ético que se derivan del acelerado desarrollo de esta área del conocimiento.

Investigadores como Banet y Ayuso (1995), Wood-Robinson (1998), Jouve, (1996) y Bugallo, (1995) consideran que los temas de genética deben formar parte de los programas de estudio de nivel medio y medio superior, por representar una referencia básica en la comprensión de importantes procesos de los sistemas vivos y por las repercusiones de la genética en la tecnología y la salud pública.

Actualmente las explicaciones sobre la evolución y desarrollo de los sistemas vivos y el concepto mismo de vida incorporan elementos de genética y ésta ha llegado a tener un papel unificador en la Biología actual.

En la investigación educativa se han hecho aportaciones sobre el nivel de conocimiento relacionado con la genética en estudiantes de nivel medio y sobre las características que debieran tener las estrategias y programas de estudio para la enseñanza de sus contenidos.

Problemas en la enseñanza-aprendizaje de contenidos sobre genética

Algunos investigadores piagetianos que han analizado las demandas cognitivas para la resolución de los problemas de genética, plantean la necesidad de omitir del currículo de enseñanza media los temas de este tópico, debido a que consideran que sus contenidos son "hipotéticos" y, como consecuencia, formales y difíciles de comprender por jóvenes que se encuentran en el estadio de operaciones concretas.

Otros especialistas, entre los que se encuentra Steward (1982), consideran que la posibilidad de que den respuestas correctas a problemas de genética se debe a que emplean algoritmos en ejercicios como el cuadrado de Punnett, sin comprender que el concepto de la meiosis está implícito.

Parte de las dificultades para resolver significativamente problemas de genética derivan del desconocimiento de la naturaleza de la meiosis, incluyendo la recombinación de la información hereditaria que ocurre como resultado de este proceso. Entre los problemas referidos en la bibliografía y que coinciden con lo observado a lo largo de nuestra experiencia docente, destacan los siguientes:

- La estructura de los temas de genética guarda correspondencia con la de los libros de texto, lo cual no siempre es adecuado para propiciar un aprendizaje del tema.
- Difícilmente se puede entender el significado de la “separación de letras” en los problemas de genética, si no la relacionan con la segregación génica, consecuencia del desconocimiento del proceso de meiosis a un nivel elemental.
- La enseñanza superficial de los procesos de división celular, mitosis y meiosis provoca confusión entre los términos y oculta las diferencias significativas entre ambos procesos.
- Una estrategia, ampliamente difundida, para conocer las proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia, es realizar ejercicios sobre las posibles combinaciones entre las letras que representan un genotipo, sin comprender el significado del proceso de meiosis en la transmisión de las características hereditarias y, en particular, en la segregación genética.

En el CCH, Piñón Flores *et al.*, (2000) realizaron un diagnóstico de ideas previas entre alumnos de quinto semestre de los planteles Vallejo y Sur con relación a los conceptos más importantes de genética incluidos en los programas de estudio de Biología. El instrumento de diagnóstico que utilizaron estuvo integrado por un cuestionario de preguntas abiertas, cerradas y de opción múltiple. Algunas de sus conclusiones señala que entre nuestros estudiantes prevalecen problemas de aprendizaje similares a los reportados en otros países, tales como la confusión entre los procesos de mitosis y meiosis y los conceptos de gen, alelo y carácter.

De los problemas que, según Banet y Ayuso (1998), subsisten después de la instrucción que los alumnos reciben en su primer curso de genética, se han extraído y organizado en el siguiente cuadro aquellos relacionados directamente con el aprendizaje de la meiosis (Cuadro 1).

Transmisión de información hereditaria de célula a célula
<ul style="list-style-type: none">• El cigoto reparte información hereditaria a las células, según las funciones que éstas vayan a desarrollar en el organismo.• No se comprende la relación de la meiosis con la transmisión de características hereditarias, la formación de gametos y la generación de diversidad.
Relaciones ente cromosomas, genes y alelos
<ul style="list-style-type: none">• Confunden cromosoma homólogo con cromátida.• No sitúan los alelos en los cromosomas homólogos.• No establecen la relación entre gen y alelo.
Resolución de problemas
<ul style="list-style-type: none">• No comprenden las relaciones entre cromosomas, genes, alelos y carácter.• No interpretan correctamente los términos homocigoto y heterocigoto.• No interpretan correctamente los términos dominancia, recesividad y herencia intermedia.• No relacionan la meiosis con la resolución de problemas de genética.

Cuadro 1. Problemas relacionados con el aprendizaje de la genética que subsisten después de la instrucción que los alumnos reciben en su primer curso de genética. Modificado de Banet y Ayuso (1998).

La teoría de la transposición didáctica (Chevallard, 1992) sostiene que, para que los saberes que producen los científicos puedan vivir en el aula, tienen que ser transformados, resultando unos y otros cualitativamente diferentes entre sí; ese proceso de transposición se hace con el propósito de acercar el conocimiento del especialista al estudiante en el aula.

Si la ciencia escolar es una transposición didáctica de la ciencia que producen los científicos, analizar y conocer las características que separan los saberes biológicos que se llevan al aula, de los saberes que producen los científicos, tendría que servir para detectar posibles dificultades en su enseñanza. Hay que definir, en primera instancia, qué aspectos del conocimiento especializado se llevarán al aula y, en función de ello, emprender la tarea de analizar los materiales de apoyo al aprendizaje.

Al conjuntar la información previa con la evaluación del significado biológico de la meiosis y de su importancia, debido a su vinculación con otros contenidos de los programas de estudio de Biología en el CCH, queda en evidencia la necesidad de

que los materiales de apoyo al aprendizaje que incorporan imagen-texto, consideren los siguiente aspectos de la meiosis en el tratamiento de este tema:

- Es un proceso de reproducción celular a través del cual se forman las células sexuales.
- La reproducción sexual es la forma de reproducción que predomina en el mundo de los eucariotas multicelulares.
- A través de él, las células hijas que se forman, tendrán la mitad de cromosomas que la célula madre que las originó.
- La reducción del número de cromosomas es de trascendencia en la conservación del número de cromosomas propio de cada especie.
- Los gametos que se forman a través de la meiosis son genéticamente únicos y esto, junto con la fecundación, asegura que cada nuevo individuo tenga una combinación de genes diferente de la de los padres y de cualquier otro de su especie.
- Los individuos que se reproducen sexualmente, tienen dos genes en lugar de uno para toda característica con que cuentan.

Por otra parte, en investigación educativa, se ha definido una serie de zonas de atención entre las que destacan para esta investigación los libros, como causa o factor de reforzamiento de los problemas para el aprendizaje de la genética y el papel de la imagen en su enseñanza.

ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

Las descripciones de sus objetos de estudio que hace la ciencia, se apoyan en una inspección visual de los mismos. Un problema práctico es cómo transmitir esas observaciones con la mayor objetividad posible, ya que una comunicación deficiente puede omitir información importante. Con frecuencia, las descripciones verbales o escritas señalan los rasgos básicos de un objeto en forma exhaustiva, pero llegan a ser poco claras. Este problema se puede superar si se cuenta con el apoyo de la imagen. Los mensajes que los científicos comunican en prácticamente todas las ciencias experimentales, van acompañados de dibujos, fotografías, esquemas o gráficas.

La ilustración científica es importante, porque permite dilucidar hechos controvertidos, ahorrar tiempo en la redacción de temas científicos y auxiliar al estudioso en su esfuerzo por comprender las comunicaciones de los especialistas. La iconografía científica, además de su valor estético, nos acerca muchas veces a una concepción de la ciencia y al grado de avance alcanzado por ésta. Las

ilustraciones también representan un valioso recurso para la elaboración de materiales de apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje.

La iconografía científica posee también limitaciones, debido a que una imagen científica intenta representar el objeto como ha sido observado por el investigador. Karl Popper consideraba que las imágenes sólo nos dicen, en el mejor de los casos, cuál es “el mundo de las experiencias conscientes del observador”.

Las características emocionales pueden ser un obstáculo para lograr el consenso que una comunicación científica busca, pues quien dibuja, e incluso el científico, privilegian, aun sin proponérselo, ciertos aspectos, de tal manera que hasta una fotografía que puede llegar a tener un gran valor como prueba científica, es en última instancia un instrumento dirigido por las intenciones del fotógrafo, con lo que se introduce un elemento subjetivo en el proceso de representación. Resulta fundamental que este aspecto subjetivo o personal en iconografía científica sea reconocido por quienes tratan de interpretar el significado de una imagen.

Las ilustraciones en la enseñanza

El análisis del contenido de un material de apoyo a la enseñanza es de indudable interés en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales. En él caben diferentes enfoques y propósitos, entre los que se encuentran el análisis de las ilustraciones que acompañan a un texto. Su caracterización exige disponer de instrumentos adecuados a los objetivos de la investigación.

La representación de objetos o fenómenos de forma gráfica desempeña diversas funciones, desde la presentación de conceptos complejos hasta dotar a los materiales de apoyo de un mayor atractivo para alumnos y profesores. Existe entre los especialistas un debate sobre si con tales representaciones se mejora o ayuda la enseñanza-aprendizaje de los contenidos abordados.

Una de las dificultades para abordar el estudio de las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales es que algunos investigadores no lo consideran como un problema, aunque las imágenes estén presentes —en algunos casos con gran profusión— en casi todos los materiales educativos.

Los análisis de contenido conceptual de los textos es una línea de investigación habitual en la didáctica de las ciencias, pero, más recientemente, se ha hecho evidente la necesidad de analizar su dimensión icónica, dada la creciente importancia en una cultura cada vez más dominada por el mundo de la imagen (Perales, 2006).

También ocurre que en el ámbito escolar se atribuye a las imágenes funciones secundarias más o menos difusas relacionadas con la presentación de los contenidos y sobre todo con la motivación de los estudiantes.

Algunos estudios afirman que con frecuencia las imágenes producen un efecto contrario al que tradicionalmente se les atribuye. Se puede, por tanto, sugerir que la investigación de las imágenes en la enseñanza de la Biología constituya una contribución didáctica relevante que debe estar basada en estudios realizados de acuerdo con los enfoques de la pedagogía, la psicología y la epistemología.

Levie y Lentz (1982) realizaron una amplia revisión de trabajos en los que se compara el aprendizaje de contenidos en textos ilustrados y sin ilustrar, y concluyen que tan sólo se mejora significativamente el aprendizaje, cuando la información cuenta con ilustraciones.

Las variables que se pueden analizar en este tipo de estudios son muy diversas y es posible encontrar información contradictoria. Reid (1990a, 1990b) ha hecho estudios detallados sobre el uso de las imágenes en la enseñanza de la Biología, básicamente en la perspectiva de la percepción y concluye que no hay que dar por seguro que las ilustraciones mejoren el aprendizaje de los estudiantes con menor capacidad, pues hay resultados que sugieren lo contrario.

Las ilustraciones contenidas en las fuentes de información se apoyan en convenciones que resulta necesario conocer para el análisis del mensaje gráfico (Constable, *et al.*, 1988). Las ilustraciones y el texto que las acompaña, pueden ser fuente de errores conceptuales en los estudiantes. No obstante son escasas las investigaciones dirigidas a analizar la calidad de las imágenes y su relación con el texto; de ahí la relevancia de poner atención en esta problemática.

Por su parte, Perales y Jiménez (2002) destacan la necesidad de incorporar los avances teóricos en el análisis de las imágenes al campo de investigación de la didáctica de las ciencias. Es conocida la abundante literatura sobre las dificultades de aprendizaje de diversos conceptos científicos; sin embargo, aún no son muchos los temas específicos analizados en la óptica de la dimensión icónica. Resulta esencial un análisis de conceptos específicos, sobre todo si se considera que existen contenidos que son especialmente desarrollados con ilustraciones, como es el caso del proceso de la meiosis en Biología.

En el caso de la enseñanza de esta ciencia, las imágenes gráficas son muy importantes, pues quienes producen materiales didácticos se apoyan frecuentemente en ellas para representar la estructura y procesos de los sistemas vivos. Asimismo, el análisis de estas ilustraciones es útil para idear estrategias que den atención a los alumnos, especialmente a aquéllos con un estilo de aprendizaje visual. Por lo tanto, la imagen representa un valioso recurso para guiar a los

estudiantes en el tránsito hacia explicaciones que exigen un mayor grado de abstracción, como es el caso de temas de genética.

Para el estudio de los contenidos en los cursos de Biología en el CCH, las fuentes de consulta empleadas más comúnmente por los alumnos son la bibliografía recomendada en los programas de estudio e Internet. Ambas constituyen, por lo tanto, las principales vías de presentación de la ciencia escolar en nuestros cursos; de ahí que la recomendación de una determinada fuente de consulta represente una decisión con repercusiones muy significativas en el aprendizaje de los alumnos.

El análisis riguroso de los libros y páginas de Internet consultadas por los estudiantes, es una tarea imprescindible; a pesar de ello, no ha sido un tópico que haya merecido la atención precisa en proporción con su peso en la enseñanza cotidiana.

ALFABETIZACIÓN VISUAL

La sociedad actual está dominada por imágenes con una diversidad de soportes tecnológicos. Las imágenes tienen un lenguaje y transmiten mensajes; los alumnos actuales se acostumbran a ver imágenes antes de aprender a leer o escribir; sin embargo, no se dispone de las investigaciones suficientes para conocer el fenómeno de la imagen como instrumento pedagógico para el posible desarrollo de una didáctica particular.

Es importante que los profesores nos acerquemos al estudio del lenguaje icónico como medio didáctico y como lenguaje específico para comunicar información, con el fin de evaluar los materiales de apoyo o bien de desarrollar estrategias de intervención pedagógica haciendo uso de la imagen.

Dworkin, en 1970, expresó que, al igual que el lenguaje verbal y su alfabetización ayudan a almacenar información, proporcionan medios para procesar mensajes y un método para pensar y resolver problemas, la alfabetización visual debe permitir la realización de actividades idénticas.

Sobre las bases de la alfabetización visual propuestas por la Escuela de Rochester en los años cincuenta, se hicieron planteamientos teórico didácticos reforzados posteriormente con los axiomas de J.Flory (1978): *“No cabe duda de la existencia de un lenguaje visual”* y *“los sujetos estamos capacitados y de hecho lo hacemos, para pensar, aprender y expresarnos visualmente”*.

Años más tarde, Hortin (1981) definió la alfabetización visual como una disciplina que fomenta la capacidad de entender y usar imágenes, incluyendo la habilidad de pensar, aprender y expresarse a través de ellas.

Uno de los espacios más adecuados para la enseñanza de habilidades y destrezas para el dominio básico del lenguaje visual es la escuela. La alfabetización visual puede ser un eje articulador de la lectura crítica de mensajes, tanto de materiales de apoyo al aprendizaje como de los medios de comunicación y en artes plásticas.

Entre las ventajas educativas de la alfabetización visual se encuentran el desarrollo de habilidades para comprender y usar las imágenes y con ello pensar y aprender en términos de imágenes. Cuando se alcanza cierto grado de educación perceptiva, se potencia el desarrollo cognitivo, lo que se traduce en una mejora de las capacidades de captación y procesamiento de información.

Experiencias de educación perceptivo-visual revelan que los programas de Alfabetización Visual promueven un cambio positivo en la manera de procesar la información que los estudiantes reciben del medio.

Los docentes deberemos dar a los alumnos orientaciones que les permitan aprender a interpretar las imágenes, ya que en la interpretación que cada sujeto hace, está presente su referente cognitivo.

LOS MATERIALES DE APOYO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Con base en criterios administrativos, la UNESCO (1982) propone los siguientes tipos de materiales para la enseñanza: manuales y libros, medios para la enseñanza científica, medios para la enseñanza de la educación física, medios para la enseñanza técnica y profesional, medios audiovisuales y medios informáticos.

A. Zabala (1990) establece criterios posibles para clasificar materiales de apoyo por su carácter formal y fácilmente identificable, propone una tipología de materiales curriculares a partir del soporte que utilizan y sugiere también clasificaciones derivadas, que se basan en aspectos tales como las intenciones del material y el tipo de contenidos que desarrolla. Una primera clasificación puede ser la que diferencia de los materiales curriculares que utilizan el papel como soporte, de otros tipos de materiales. Entre los materiales que utilizan el papel como soporte, se encuentran:

- Libros de consulta, de texto, de imágenes (tales como atlas históricos y geográficos, de arte, etc.), manuales, enciclopedias y diccionarios.
- Folletos (coleccionables, monografías, comerciales).
- Prensa (diarios, revistas y comics).
- Guías didácticas.

Entre los materiales que utilizan soportes distintos del papel, se encuentran los informáticos y los audiovisuales. Se trata de materiales que han tenido progresivamente una función más relevante en la educación escolar, de acuerdo con la evolución de las nuevas tecnologías.

Hipermedia e hipertexto son términos que conciben el tratamiento de la información por medio de la computadora para relacionar los datos dentro de un cuerpo de información.

Funciones de los materiales de apoyo

Los materiales de apoyo cumplen funciones de mediación en el proceso educativo, entre las que pueden señalarse las siguientes:

- Innovadora, al introducir un nuevo material en la enseñanza, aunque en ocasiones puede tratarse solamente de un cambio superficial y no de una verdadera innovación.
- Motivadora, al ayudar a captar la atención del alumno.
- Estructuradora de la realidad, ya que cada material tiene formas específicas para presentarla.
- Configuradora del tipo de relación que los alumnos mantienen con los contenidos de aprendizaje, ya que cada material facilita preferentemente un determinado tipo de actividad mental.
- Controladora de los contenidos que enseñar.

Junto con otros autores, Escudero (1983) ha destacado que la importancia del medio didáctico no radica sólo en el hecho de facilitar el acceso a determinados contenidos, sino que, además, condiciona el propio mensaje.

METODOLOGÍA

En esta investigación, el término metodología debe ser entendido en su sentido amplio; nos referiremos a él como la lógica de los principios generales que guían los pasos de una investigación sistemática para producir la búsqueda de conocimientos. El término método tiene una acepción más restringida. Aquí lo aplicamos para describir procedimientos, estrategias y medios técnicos utilizados.

La metodología de la investigación cualitativa es determinada por la búsqueda de la esencia de la realidad humana y social. Con este enfoque, el investigador trata de llegar a la comprensión, interpretación y presentación de lo esencial de los

fenómenos que estudia; para alcanzar este fin, él mismo asume el papel de primer instrumento de investigación.

La preocupación fundamental en una investigación educativa con el enfoque cualitativo, es recabar información que, sin ser abundante, será la más susceptible de revelar lo esencial de la realidad escolar en cuestión. Contrariamente a una investigación positivista, la educativa de enfoque cualitativo da lugar a la improvisación que surge de los hechos que se producen repentinamente durante la investigación.

Resulta importante destacar que en el ámbito de la investigación cualitativa no se procede de la misma manera en todos los casos, aunque se inspiren globalmente en una misma metodología, pues existen modalidades de investigaciones cualitativas. Las diferencias radican en que algunos elementos de la metodología son más importantes para unos investigadores siguiendo sus opciones teóricas, sus creencias o sus gustos, mientras otros elementos, por los mismos motivos, son de menor relevancia. No hay, entonces, unidad en la tradición de la investigación, a pesar de un evidente parentesco entre las diferentes modalidades.

Un gran número de términos se asocian a la investigación cualitativa, pero ninguno de ellos puede, de manera particular, evocar o resumir lo esencial de la misma. La presente investigación se sitúa en la investigación-acción.

La investigación-acción

La investigación-acción es una forma de entender la enseñanza como un proceso de búsqueda continua de alternativas para su mejoramiento. El término investigación-acción fue propuesto por Kurt Lewin (1973) y ha sido aplicado con diferentes enfoques. Según el enfoque interpretativo (Elliott, 1993) el profesor profundiza su comprensión de un problema, a través de un diagnóstico, considerando a todos los involucrados en él.

La esencia de la propuesta original de Kurt Lewin (1973) es el establecimiento de una forma de investigación que integra la experimentación científica a la acción social.

En esta propuesta metodológica, los problemas que se detectan en la práctica cotidiana deben guiar la acción, pero lo básico es la exploración reflexiva, pues sólo a través de ella será posible mejorar la planeación y lograr la introducción de mejoras progresivas.

Se generan transformaciones en la acción educativa en la medida en que, durante la práctica educativa, se dan momentos comprensivos y transformadores. El

educador en proceso de formación aprende a comprender la realidad en la que actúa para poder transformarla.

Kemmis y Mac Taggart (1998), haciendo una síntesis de los planteamientos antes mencionados, caracterizaron esta metodología de investigación como un proceso que:

- Se construye desde y para la práctica.
- Pretende mejorar la práctica a través de su transformación, a la vez que procura comprenderla.
- Demanda la participación de los sujetos en la mejora de sus propias prácticas.
- Los sujetos implicados colaboran coordinadamente en todas las fases del proceso de investigación.
- Implica un análisis crítico de las situaciones.
- Se configura como una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.

En cuanto al modelo de espiral para explicar el desarrollo el proceso, cabe aclarar que se refiere a ciclos sucesivos que incluyen diagnóstico, planificación, acción, observación y reflexión-evaluación, cuya complejidad puede variar según diferentes autores; sin embargo, se pueden resumir en estas cuatro fases:

- Diagnóstico y reconocimiento de la situación inicial.
- Desarrollo de un plan de acción críticamente informado para mejorar lo que ocurre.
- Actuación para poner el plan en práctica y la observación de sus efectos.
- Reflexión sobre los efectos como base para una nueva planeación.

La investigación educativa es un objeto de estudio que se adapta bien a las características de la investigación cualitativa, particularmente la investigación-acción; reúne condiciones, como la permanencia del investigador en el terreno, la posibilidad de hacer observación participante y actuar en un contexto natural para la construcción de un objeto de estudio, y de dar sentido a lugares, momentos y acciones durante el proceso mismo de la investigación.

En síntesis, la investigación-acción en el ámbito educativo ofrece alternativas prácticas para el desarrollo de la escuela, el aula, los métodos y, en general, para atender a las preocupaciones de profesores, estudiantes y comunidad. Por ello, representa una contribución práctica para el desarrollo de la escuela, el aula, los

métodos, la formación de nuevos profesionales y, en general, para atender la problemática de maestros, estudiantes, comunidad y sociedad.

El propósito central de este trabajo es analizar los libros y páginas de Internet más utilizados por los alumnos de Biología del CCH Vallejo, turno matutino, para elaborar sus tareas, atendiendo particularmente a la identificación de las fallas en el texto y la representación gráfica de la meiosis, tanto en su contenido biológico como en los aspectos formales.

Formulación del problema

La correcta conceptualización del proceso de meiosis requiere un apoyo didáctico especial y la imagen-texto representa un aspecto clave, por lo que suponemos que las imágenes de las fuentes de consulta utilizadas por los alumnos pueden obstaculizar o favorecer su aprendizaje.

Objetivo general

Hacer una investigación sobre la representación gráfica y el texto que la acompaña, sobre el proceso de la de meiosis, en libros y páginas de Internet consultados por alumnos de Biología del plantel Vallejo del CCH.

13

Objetivos particulares

- Recopilar las imágenes-texto sobre el proceso de meiosis en algunos de los materiales de consulta más comúnmente utilizados por estudiantes de Biología del Bachillerato del CCH.
- Diseñar un instrumento que contenga criterios para el análisis formal y la intencionalidad de la ilustración-texto del proceso de la meiosis, en algunos de los materiales de consulta más comúnmente utilizados por estudiantes de Biología del Bachillerato del CCH.

Hipótesis

La representación gráfica-texto de la meiosis puede ser un obstáculo para la comprensión de este proceso.

MÉTODO DE ESTUDIO

Delimitación del objeto de estudio

Esta investigación se ha centrado en el análisis de las imágenes de carácter gráfico sobre el proceso de la meiosis en páginas de Internet (Cuadro 2) que, de acuerdo con el seguimiento realizado a lo largo de cinco semestres escolares, son consultadas con mayor frecuencia por alumnos de Biología del CCH, así como en libros que integran la bibliografía recomendada en los programas de estudio de Biología del CCH (Cuadro 3).

1. <http://es.wikipedia.org/wiki/Meiosis>
2. <http://iibce.edu.uy/uas/biomolec/meios.htm>
3. <http://users.servicios.retecal.es/tpuente/meiosis/index.htm>
4. <http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/biologia/ciclo/meiosis.htm>
5. http://www.biología.edu.ar/cel_euca/meiosis.htm
6. http://www.duiops.net/seresvivos/celula_actividad_mei.html
7. <http://www.memo.com.co/fenonino/aprenda/biologia/biolog5.html>
8. <http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/Meiosis/Meiosis.htm>

14

Cuadro 2. Páginas de Internet consultadas con mayor frecuencia por alumnos de Biología del CCH Vallejo, para el estudio del proceso de la meiosis.

AUTOR	TÍTULO	EDITORIAL	AÑO DE EDICIÓN	NO. DE EDICIÓN
1. ALEXANDER, P., <i>et al</i>	<i>Biología</i>	Prentice Hall	1992	1ª
2. AUDERSIK, T. <i>et al</i>	<i>La Vida en la Tierra</i>	Prentice Hall	2003	6ª
3. BIGGS, A., <i>et al</i>	<i>Biología. La dinámica de la vida</i>	Mc Graw-Hill Interamericana	2000	1ª
4. CURTIS, H. Y BARNES, N.	<i>Invitación a la Biología</i>	Médica Panamericana	1996	5ª
5. CAMPBELL, N. A., <i>et al</i>	<i>Biología. Conceptos y relaciones</i>	Prentice Hall	2001	3ª
6. MUÑIZ, H. E., <i>et al</i>	<i>Biología,</i>	Mc Graw-Hill	2000	1ª
7. PURVES, W. K. <i>et al</i>	<i>Vida. La ciencia de la biología</i>	Médica Panamericana	2002	6ª
8. SOLOMON, E. P. <i>et al</i>	<i>Biología</i>	Mc Graw Hill Interamericana	2001	5ª

Cuadro 3. Obras de la bibliografía propuesta en los programas de estudio de Biología del CCH.

Categorías de análisis

Para establecer las categorías de análisis, se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones sobre análisis de las ilustraciones y se elaboró una relación de las variables propuestas por diferentes autores; se seleccionaron las más pertinentes para los propósitos de esta investigación y, si era el caso, se les hicieron los ajustes necesarios.

En primera instancia, se recuperaron dos criterios propuestos por Parcerisa (1999): a) El **ámbito de análisis en función de los requisitos para el aprendizaje** y b) El **ámbito de análisis en función de los aspectos formales**. A ellos se integró una serie de criterios recuperados de autores como Maldonado (2007) y Perales (2006) y modificados en algunos casos.

Las categorías que integran el ámbito de análisis en función de los requisitos para el aprendizaje fueron: **la funcionalidad de la imagen con relación al texto, las etiquetas verbales y el contenido científico**. Se consideró necesario contar con una categoría que diera cuenta de los propósitos educativos que subyacen en el texto-imagen, para lo cual se ideó también la categoría **intencionalidad educativa**. Para caracterizar a cada una de las categorías que conforman los dos ámbitos de análisis se emplearon las variables que aparecen en las tablas 1 y 2.

La valoración del **contenido biológico** de ilustraciones y texto se basa en los errores conceptuales más comunes entre los alumnos (Banet, y Ayuso, 1998), quienes han estudiado formalmente la meiosis, así como en la determinación, hecha por las autoras, de los eventos más significativos para evaluar la trascendencia biológica de este proceso. De ahí, que se atendiera particularmente al tratamiento que se da a los siguientes aspectos de la meiosis, por considerar que son los de mayor relevancia para el aprendizaje de este proceso:

1. Reducción del número de cromosomas a la mitad: de una célula diploide se forman células haploides. Esta reducción a la mitad es la que permite que, después de la fecundación, se mantenga el número de cromosomas de la especie.
2. Recombinación de información genética heredada del padre y la madre: el entrecruzamiento permite que se intercambie la información entre cromosomas homólogos (sólo intervienen en él una de las cromátidas hermanas de cada uno de los cromosomas homólogos involucrados en este evento).
3. La separación de los cromosomas paternos y maternos recombinados, durante la anafase I y II se realiza completamente al azar, por lo que contribuye al aumento de la diversidad genética.

En la **evaluación de los aspectos formales** de los materiales revisados, se consideraron el **diseño**, las **marcas tipográficas**, la **diagramación**, la **visualización de jerarquías**, así como la **presencia de dibujos artísticos, fotografías y esquemas**.

Para el análisis de las ilustraciones, Maldonado, F. (2007) incluye un **índice de redundancia**, que se obtiene al dividir el "Nº de conceptos-procesos-elementos descritos en el texto principal que comenta la ilustración, entre el Nº de conceptos-procesos-elementos presentes en la ilustración. El valor será igual a 1, si todos los conceptos-procesos-elementos de la ilustración son comentados en el texto principal. Será igual a 0, si el texto principal no comenta el contenido de la ilustración y un valor de 0.5 indica que la mitad de los conceptos, procesos o elementos significativos de la ilustración son comentados por el texto principal".

Se hizo una adecuación del procedimiento antes descrito para facilitar el registro y procesamiento de la información correspondiente a cada una de las variables empleadas.

A continuación se presentan los instrumentos de análisis diseñados a partir de las categorías antes descritas (tablas 1 y 2).

<p>Material objeto de análisis:</p> <p>Autoría:</p> <p>Título:</p> <p>Editorial:</p> <p>Lugar de edición:</p> <p>Número de edición:</p> <p>Descripción global:</p> <p>Otros datos de interés:</p> <p>Observaciones generales:</p>
--

Ficha de registro

Tabla de análisis 1

REQUISITOS PARA EL APRENDIZAJE			
INTENCIONES EDUCATIVAS	VALORES		OBSERVACIONES
1. Hace referencia a hechos conocidos por el alumno			
2. Establece el significado de la meiosis en su contexto ¹			
3. Presenta ejemplos que apoyen el aprendizaje de la meiosis			
4. Presenta situaciones de problematización de conceptos para el alumno			
FUNCIONALIDAD EN RELACIÓN CON EL TEXTO			
5. Las ilustraciones son coherentes y cumplen con su función complementaria con relación al texto adecuadamente			
ETIQUETAS VERBALES			
6. Texto incluido dentro de la imagen			
CONTENIDO CIENTÍFICO			
7. Adecuaciones del nivel lingüístico ²			
8. Densidad informativa			
9. Información para ubicar el nivel de organización donde ocurre el proceso			
10. Se destacan en la imagen los eventos meióticos más relevantes			
11. Se destacan en la texto los eventos meióticos más relevantes			

Tabla 1. Instrumento para el análisis de los requisitos para el aprendizaje.

¹Esta variable se refiere a la ubicación que se da al proceso meiótico con relación a un tema más amplio, ej. reproducción, leyes de Mendel, variabilidad genética, entre otros.

²Su valor es 1, cuando el lenguaje empleado puede ser fácilmente comprensible para un alumno de bachillerato.

Tabla de análisis 2.

ASPECTOS FORMALES		
	VALORES	OBSERVACIONES
1. El aspecto general del material es atractivo		
2. Adecuada visualización de las jerarquías (diagramación)		
3. La letra es adecuada		
4. Cada ilustración tiene su referencia		
5. Adecuado tipo de impresión (un color, dos colores)		
6. Pie de imagen coherente con la representación del proceso		
GRADO DE ICONICIDAD		
7. Con esquemas		
8. Con esquemas y medidas moleculares		
9. Con fotografías		

Tabla 2. Instrumento para el análisis de los aspectos formales del texto-imagen.

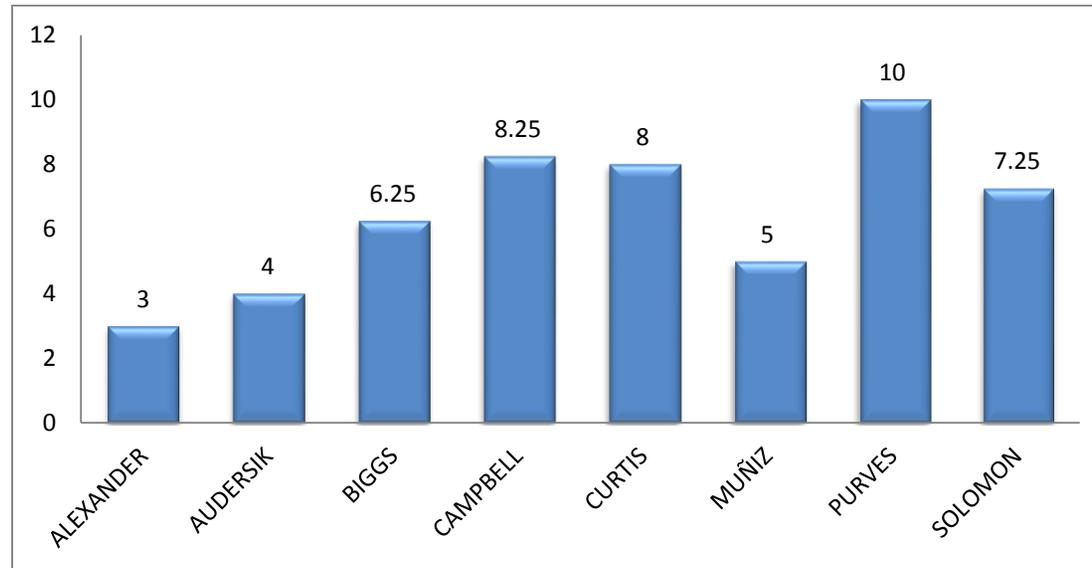
RESULTADOS

Tabla 3

Resultados del análisis de libros en función de los requisitos para el aprendizaje

VARIABLES	ALEXANDER	AUDERSIK	BIGGS	CAMPBELL	CURTIS	MUÑIZ	PURVES	SOLOMON
1. Referencia a hechos conocidos por alumnos.	1	0	1	1	1	1	1	1
2. Establece el significado de la meiosis en su contexto.	1	0	0	0	1	1	0	0
3. Con ejemplos que apoyan el aprendizaje.	0	0	0	1	1	0	1	1
4. Con situaciones de problematización de conceptos.	0	0	1	1	0	0	1	0
5. Ilustraciones coherentes con su función complementaria.	0	0.5	0.75	0.75	1	0.5	1	0.75
6. Texto dentro de la imagen.	0	1	1	1	1	0.5	1	1
7. Adecuado nivel lingüístico.	1	1	1	1	0	0	1	1
8. Densidad informativa.	0	1	0	0	0	1	1	0
9. Nivel de organización donde ocurre el proceso.	0	0	0	1	1	0	1	1
10. Eventos meióticos más relevantes en la imagen.	0	0	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5
11. Eventos meióticos más relevantes en texto.	0	0.5	1	1	1	0.5	1	1
TOTAL	3	4	6.25	8.25	8	5	10	7.25

Resultados del análisis en función de los requisitos para el aprendizaje



Gráfica 1. Resultados del análisis en función de los requisitos para el aprendizaje. Puntaje obtenido del material gráfico sobre el proceso de meiosis, presentado en libros de consulta.

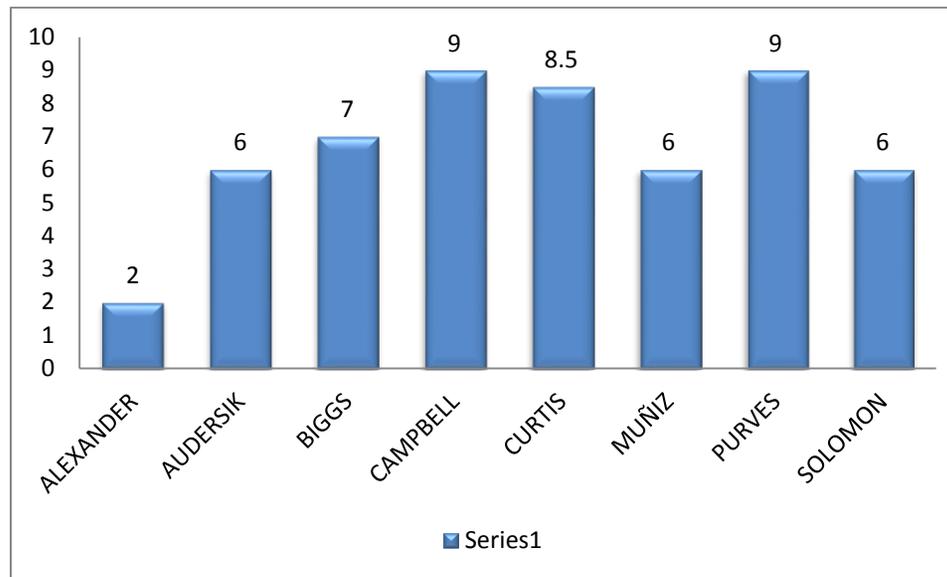
Esta gráfica muestra los resultados del análisis con base en el índice de redundancia (Maldonado, 2007). El valor asignado es igual a 1, si todos los conceptos-procesos-elementos de la ilustración son comentados en el texto principal. Es igual a 0, si el texto principal no comenta el contenido de la ilustración y un valor de 0.5, indica que la mitad de los conceptos, procesos o elementos significativos de la ilustración, son comentados por el texto principal. La obra con la puntuación más alta es la de Purves et al., (2002), mientras que la más baja corresponde a la de Alexander et. al., (1992). Los libros se presentan en orden alfabético de acuerdo con el apellido del primer autor.

Tabla 4

Resultados del análisis de libros en función de los aspectos formales

VARIABLES	ALEXANDER	AUDERSIK	BIGGS	CAMPBELL	CURTIS	MUÑIZ	PURVES	SOLOMON
1. Aspecto general del material es atractivo	0	0	1	1	0.5	0	1	1
2. Adecuada visualización de jerarquías	0	0	1	1	1	0	1	1
3. Letra adecuada	1	1	1	1	1	1	1	1
4. Referencia en cada ilustración	0	1	1	1	1	1	1	0
5. Tipo de impresión adecuado	0	0	0	1	1	0	1	0
6. Coherencia al pie de imagen	0	1	1	1	1	1	1	0
7. Esquemas	1	1	1	1	1	1	1	1
8. Esquemas y medidas moleculares	0	1	0	1	1	1	1	1
9. Fotografías	0	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	2	6	7	9	8.5	6	9	6

Resultados del análisis en función de los aspectos formales



Grafica 2. Resultados del análisis en función de los aspectos formales. Puntaje obtenido del material gráfico sobre el proceso de meiosis, presentado en libros de consulta.

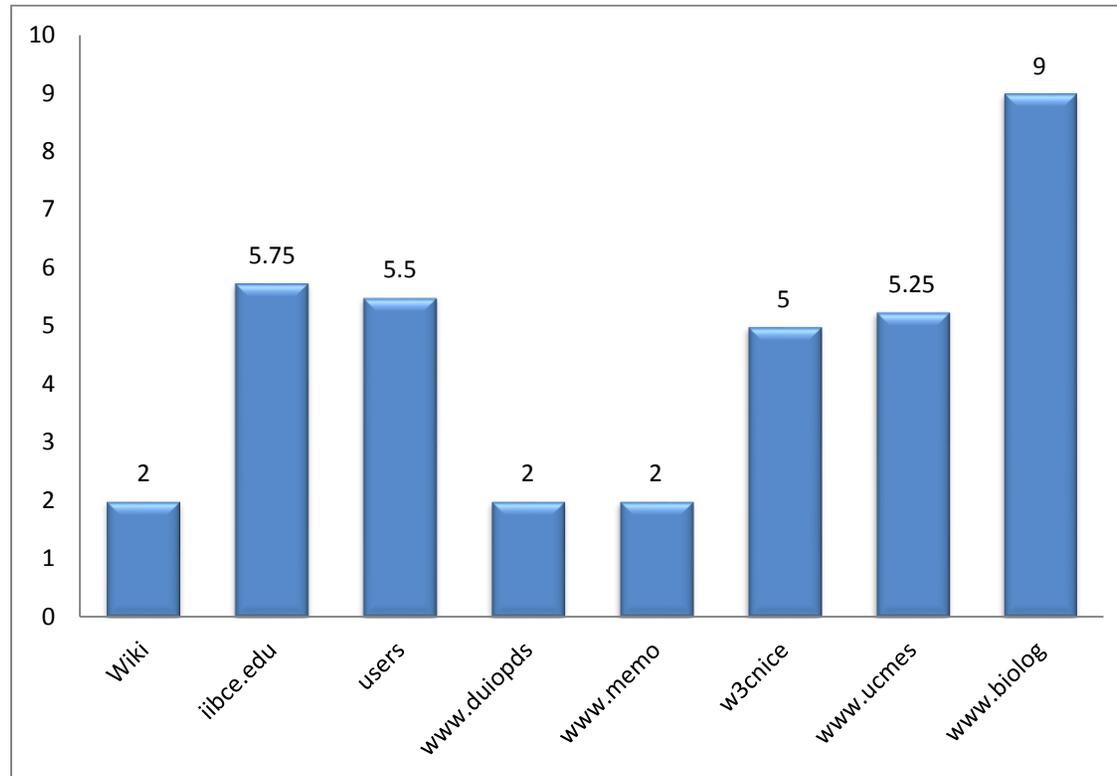
Se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de la tabla 4. Al igual que la gráfica 1, el libro con menor puntaje es el de Alexander *et al.*, 1992 y los que obtienen la mayor calificación son los libros de Campbell *et al.*, 2001 y Purves *et al.*, 2002, ambos con un puntaje de 9. Se conservó el criterio de ordenamiento alfabético de las obras analizadas.

Tabla 5

Resultados del análisis de páginas Web en función de los requisitos para el aprendizaje

VARIABLES	Wiki	iibce.edu	users	www.duiopds	www.memo	W3cnice	www.ucmes	www.biolog
1. Referencia a hechos conocidos por alumnos	0	1	0	0	1	1	1	1
2. Establece significado de la meiosis en su contexto	1	0	0	0	0	1	1	1
3. Con ejemplos que apoyan el aprendizaje	0	0	0	0	0	0	0	1
4. Con situaciones de problematización de conceptos.	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Ilustraciones coherentes con su función complementaria	0	0.75	1	0	0	0.5	0.75	1
6. Texto dentro de la imagen	0.5	0	1	0	0	0.5	0.5	1
7. Adecuado nivel lingüístico	0	1	1	1	1	1	1	1
8. Densidad informativa	0	0	0	0	0	0	0	0
9. Nivel de organización donde ocurre el proceso	0	1	1	0	0	0	0	1
10. Eventos meióticos más relevantes en la imagen	0	1	1	0.5	0	0.5	0.5	1
11. Eventos meióticos más relevantes en texto	0.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0.5	1
TOTAL	2	5.75	5.5	2	2	5	5.25	9

Resultados del análisis en función de los requisitos para el aprendizaje páginas Internet



Gráfica 3. Resultados del análisis de páginas de internet en función de los requisitos para el aprendizaje. Puntaje obtenido del material gráfico sobre el proceso de meiosis, en páginas de Internet.

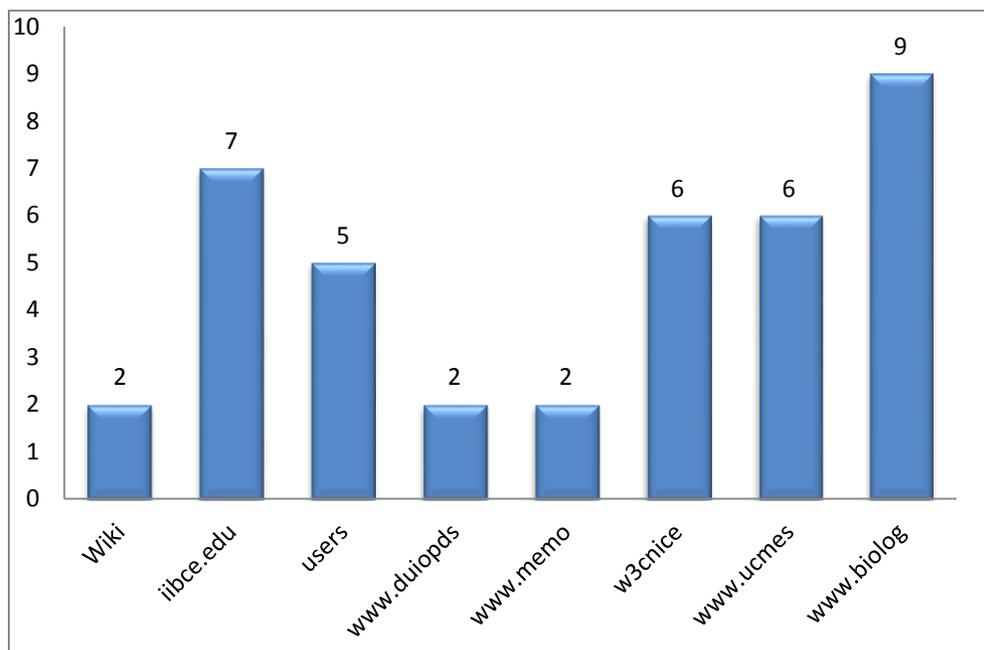
De acuerdo con los valores del índice de redundancia (Maldonado, 2007), sólo una página de Internet (www.biolog) obtuvo una calificación de nueve. Tres de las páginas analizadas fueron calificadas con 2 y las cuatro restantes se encuentran dentro del rango entre 5 y 5.75. El nombre corto es una abreviación de la dirección electrónica de cada página de Internet.

Tabla 6

Resultados del análisis de páginas Web en función de los aspectos formales

VARIABLES	Wiki	iibce.edu	users	www.duiopds	www.memo	W3cnice	www.ucmes	www.biolog
	1. Aspecto general del material es atractivo	0	1	1	0	0	1	1
2. Adecuada visualización de jerarquías	0	1	1	0	0	1	1	1
3. Letra adecuada	0	1	1	0	1	1	1	1
4. Referencia en cada ilustración	0	0	0	0	0	0	0	1
5. Tipo de impresión adecuado	0	1	1	1	0	1	1	1
6. Coherencia al pie de imagen	1	0	0	0	0	1	1	1
7. Esquemas	1	1	1	1	1	1	1	1
8. Esquemas y medidas moleculares	0	1	0	0	0	0	0	1
9. Fotografías	0	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL	2	7	5	2	2	6	6	9

Resultados del análisis en función de los aspectos formales de páginas Internet



Gráfica 4. Resultados del análisis en función de los aspectos formales. Evaluación de la representación gráfica sobre el proceso de meiosis, en páginas de Internet.

En esta gráfica se muestra el puntaje obtenido a partir del análisis de la tabla 6. La página de Internet con mayor calificación es www.biolog con un valor de 9.

El valor promedio de las páginas de Internet es de 4.87, el cual resulta más bajo que el promedio de 6.68 observado en libros (gráfica 2 y tabla 4).

Al igual que la evaluación de los requisitos para el aprendizaje, se observa que tres páginas obtuvieron la misma calificación (es de 2), después del análisis de sus aspectos formales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de la imagen-texto de libros de consulta y páginas de Internet muestra, de manera global, valores más bajos en páginas de Internet que en libros, lo cual sugiere una mayor calidad en los libros, tanto en los aspectos formales, como en las variables relacionadas con su intencionalidad educativa.

En ambas fuentes de información, la constante es una adecuada jerarquización o diagramación en las ilustraciones, la letra es adecuada y, en general, cada ilustración cuenta con alguna referencia, aunque en algunos libros se observaron deficiencias, como en el caso de imágenes que únicamente tienen como pie de imagen el término meiosis y carecen de rótulos y explicaciones. En las ilustraciones de páginas de Internet, sólo en un caso se observó pie de imagen.

Con base en la estética publicitaria y audiovisual, las imágenes en las páginas Web son más atractivas que en los libros. En los libros de edición más reciente, que fueron las de más alta calificación, se ha cuidado más el atractivo visual de las imágenes que en obras editadas en años anteriores.

Las ilustraciones consideradas globalmente son más complejas en los libros que en la mayor parte de las páginas de Internet, pues cuentan con profusión de colores en los fondos de imagen, así como una serie de elementos figurativos.

En los libros, es más frecuente el empleo de etiquetas verbales dentro de las imágenes que describen la meiosis. Esto hace que las explicaciones resulten más claras que en las páginas de Internet; sin embargo, algunas de las imágenes analizadas cuentan con numerosos elementos gráficos, que hacen más compleja su interpretación, lo que sugiere su uso moderado.

Tanto en libros como en páginas Web, se observaron algunas ambigüedades gráficas en el caso de rótulos, que no se encuentran colocados en forma precisa, lo cual hace más difícil la ubicación de los eventos meióticos en las estructuras celulares involucradas.

En los libros, se encontró que, en promedio, el 53% de su superficie está destinada a las ilustraciones, lo cual puede ser reflejo de su relevancia para explicar el proceso de la meiosis. En las páginas de Internet no fue posible hacer esta valoración, debido a las características propias de este material, pero, si bien en algunas de ellas el espacio destinado a las imágenes es importante, se dio un caso en el que predominó la extensión del texto sobre la imagen.

Los valores sobre densidad informativa son más elevados en los libros, debido a que la amplitud de la información es mayor que en las páginas de Internet.

Con respecto al grado de iconicidad, las ilustraciones de los materiales revisados representan el contorno celular con cromosomas en su interior; en algunos casos se llega a representar el núcleo en las fases iniciales y finales del proceso. La interpretación de estos elementos gráficos es factible si se cuenta con información básica sobre la representación de la célula, el núcleo y los cromosomas. También en los casos en que aparecen secciones con detalles ampliados o claves de interpretación para la ilustración se requiere que el lector esté familiarizado con códigos de representación.

La mayoría de los libros incorporan medidas moleculares en el texto o las imágenes, pero, en el caso de las páginas de Internet, estos valores están ausentes.

Mientras que en los libros se presentan con mayor frecuencia micrografías para complementar las ilustraciones del proceso meiótico, en páginas Web este es un recurso poco utilizado.

En los libros con mayor calificación, las ilustraciones pueden ser comprendidas de forma casi independiente del texto principal, debido a que los pies de imagen y etiquetas son muy explícitos.

Otro aspecto importante es que en los libros se presentan con mayor frecuencia fotografías para complementar las ilustraciones del proceso meiótico. En Internet, este es un recurso poco utilizado.

En el ámbito de las intenciones educativas, se observó que las ilustraciones de la meiosis, tanto en los libros como en las páginas de Internet analizadas, aquellas tienen una función descriptiva.

Dos libros y tres páginas Web no contienen referencias a hechos conocidos por el alumno y en ninguna página de Internet se presentan situaciones que permitan al alumno la problematización de los conceptos relacionados con la meiosis. En los libros de consulta estas situaciones se presentan en una proporción baja (27%).

La funcionalidad de las ilustraciones se valoró de acuerdo con el papel complementario que la imagen tiene en relación con el texto principal. La media de los valores observados en ambos medios de consulta es 0.5, lo cual indica que, en ambos casos, las imágenes cuentan con menos información básica que el texto que ilustran.

Tanto en las páginas Web como en los libros analizados, el nivel lingüístico es accesible para alumnos de bachillerato.

De los 16 materiales analizados, únicamente tres libros y tres páginas Web presentan información explícita acerca de los niveles de organización en los que ocurren los eventos meióticos.

Los eventos meióticos considerados más relevantes para el estudio de este proceso se destacan más ampliamente dentro del texto en el caso de los libros.

Conclusiones

La imagen-texto puede ser un elemento que dificulte la comprensión del proceso meiótico; en algunos libros el tratamiento de los eventos esenciales de dicho proceso es muy claro en el texto, pero las ilustraciones no cumplen con su función complementaria, al no representar o no destacar por medio de grafismos esos eventos (recombinación, reducción y la formación azarosa de nuevas combinaciones en las células resultantes). Sólo en los libros con mayor calificación, las ilustraciones pueden ser comprendidas de forma casi independiente del texto principal, debido a que pies de imagen y etiquetas son muy explícitos.

Los resultados del análisis de materiales de consulta empleados por los alumnos de Biología del CCH confirman la hipótesis planteada y hacen evidente la necesidad, de incorporar al trabajo docente una visión más activa de las imágenes como fuente de aprendizaje, asociada a su papel en la transmisión y construcción del conocimiento biológico.

La transposición didáctica del saber científico no es una cuestión exclusivamente verbal, sino también icónica, por lo que es necesario prestar mayor atención a la información presentada por las imágenes de los materiales de consulta utilizados por los alumnos.

Los docentes debemos dar a los alumnos orientaciones para que aprendan a interpretar representaciones icónicas, ya que cada alumno cuenta con su propio referente cognitivo. La presencia de imágenes en los materiales de consulta utilizados por los alumnos no garantiza un mejor aprendizaje, ya que existe una serie de variables, tanto en los aspectos formales como en su intencionalidad educativa, que deben ser consideradas cuando se toma la decisión de incluirlos.

El análisis efectuado da cuenta de la importancia de las ilustraciones en el terreno educativo y plantea la posibilidad de promover mejores aprendizajes, si los alumnos desarrollan sus propias destrezas icónicas para explicar los conceptos y procesos biológicos.

Es importante que los docentes, antes de solicitar a los alumnos la consulta de materiales, hagamos una revisión de los mismos y les brindemos apoyo para su interpretación. Los resultados de este análisis sugieren también la necesidad de dar especial atención a la consulta de páginas de Internet por los alumnos, pues estos materiales presentaron, de manera global, valores más bajos que los libros, en las categorías de análisis que se aplicaron en este estudio.

La predilección que los alumnos muestran por la consulta en páginas de Internet puede estar asociada con el hecho de que este recurso tiene menor densidad informativa y les resulta más atractivo visualmente, al carecer de pies de imagen y ofrecer actividades interactivas; esto les hace accesible este medio. Se requieren investigaciones que evalúen su impacto en el estudio de procesos biológicos como la meiosis.

La meiosis es un proceso y la investigación documental realizada reporta (Leach et al., 1996; García, 2003) la existencia de problemas comunes al aprendizaje de conceptos científicos que implican cambio, cuando estos son representados por medio de secuencias de imágenes estáticas. Resulta pertinente indagar sobre las ventajas para el aprendizaje cuando se consultan páginas de Internet que incorporan el movimiento para representar la meiosis.

Si la cantidad de imágenes fuera reflejo de su importancia, podríamos concluir que, según nuestro estudio, las imágenes son fundamentales en la enseñanza del proceso de la meiosis. ☒

Bibliografía

ALEXANDER, P., et al. (1992) *Biología*, Prentice Hall, New Jersey.

AUDERSIK, T. et al (2003) *La Vida en la Tierra*, 6ª edición, Prentice Hall, México.

BANET, H. E. Y AYUSO, F. E. La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. En *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. N° 16, pp. 21-31. Abril. 1998.

BANET, H. E. Y AYUSO, F. E (1995) *Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato: 1. Contenidos de Enseñanza y Conocimiento de los Alumnos en Enseñanza de las Ciencias*, vol. 2, N° 13. Pp. 137-153.

BIGGS, A., et al., (2000) *Biología. La dinámica de la vida*, Mc Graw-Hill Interamericana, México.

BUGALLO, R. A., (1995) *La didáctica de la genética: Revisión bibliográfica en Enseñanza de las Ciencias*, vol.13, pp.379-385.

CAMPBELL, N. A., et al (2001) *Biología. Conceptos y relaciones*, 3ª edición, Prentice Hall, México.

CONSTABLE, H., CAMPBELL, B. Y BROWN, R. (1988). Sectional drawings from science textbooks: an experimental investigation into pupil's understanding. *British Journal of Educational Psychology*, 58: 89-102.

- CURTIS, H. Y BARNES, N. S. (1996) *Invitación a la Biología*, 5ª edición, Editorial Médica Panamericana, Madrid, España.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Aique, Argentina.
- DWORKIN, M. S. (1970): "Towards an image curriculum: Some questions and cautions". In C. M. WILLIAMS and J. L. DEBES (Eds.): *Proceedings of the First National Conference on Visual Literacy*. New York: Pitman Publishing Corporation.
- ELLIOTT, J. (1994). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- ELLIOTT, J. (1993) *El cambio educativo desde la investigación-acción*, Madrid: Morata.
- ESCUDERO, J. M. (1983): *La investigación sobre los medios de enseñanza. Revisión y perspectivas actuales*, en: *Enseñanza*, N°1 pp. 87-118.
- FLORY, J. (1978): "Visual Literacy, A vital skill in the process of rhetorical criticism". Atlanta, Georgia: Paper presented at the annual meeting of the Southern Speech Communication Association. April 4-7, (ERIC Document Reproduction Service n ED155722).
- HORTIN, J. A. (1981): "Visual literacy-the theoretical foundations: An investigation of the research, practices, and theories". *Visual Literacy Newsletter*, 10 (4), 1-3.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. ET AL. (2003). *Enseñar Ciencias*, Ed. Grao, IRIF, S.L. España, pp.240.
- JOUBE, N. 1996 *Avances en genética y su utilización en la enseñanza no Universitaria*. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales, Num.10.
- KEARSEY, J. AND TURNER, S. (1999). How useful are the figures in school biology textbooks? *Journal of Biological Education*, 33(2):87-94.
- KEMMIS, S. Y MCTAGGART, R. (1988). *Cómo planificar la investigación acción*. Laertes. Barcelona.
- LEACH, J., DRIVER, R., SCOUT, P., AND WOOD-ROBINSON, C. (1996). Children`s ideas about ecology 2: Ideas founding children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18 (1): 19-34.
- LEVIE, W. H. y LENTZ, R. (1982). Effects of text illustrations: a review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30 (4): 195-232.

LEWIN, K. (1973) Action research and minority problems. En K. Lewin (201-216); resolving social conflicts: Selected papers on group dynamics. Souvenir Press. London.

MALDONADO F. ET AL. Las ilustraciones de los ciclos Biogeoquímicos del Carbono y Nitrógeno en los Textos de Secundaria. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 2007, 4(3), pp. 442-460.

MUÑOZ, H. E., et al. (2000) *Biología*, Mc Graw-Hill, México.

MUÑOZ, J. F., QUINTERO, J. Y MUNÉVAR, R. A. (2002). Experiencias en investigación-acción-reflexión con educadores en proceso de formación en Colombia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4 (1). Consultado el día de mes de año en: Pág. 26-31, 35-39, 42-54, 68-71, 80,81, 85-88, 91-95, 98, 122, 123.

PARCERISA, A. (1999). *Materiales curriculares. Como elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*, 4ta. Ed. Ed. GRAO, Deserveis, pedagògics, España, pp.158.

PERALES, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1): 13-30.

PERALES, F. J. Y JIMÉNEZ, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de los libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3):369-386.

PÉREZ DE EULATE, L. Y LLORENTE, E. (1998). Las imágenes en la enseñanza aprendizaje de la Biología. *Alambique*, 16:45-53.

PERRENOUD, P. (2004) Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. *Profesionalización y razón pedagógica*. GRAÓ, de IRIF, S. L. 224.

PIÑÓN, F. G. Y SÁNCHEZ, B. E. **Estudio Preliminar sobre problemas de aprendizaje de genética en una población de alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM**. Memorias del V Congreso Nacional de Investigación. Educativa; Universidad Autónoma de Aguascalientes, 30 de octubre al 2 de noviembre de 1999.

KEMMIS, S. Y MCTAGGART, R. (1988). *Cómo planificar la investigación- acción*, Leartes. Barcelona.

REID, D. (1990 a). The role of picture in learning biology: part 1, perception and observation, *Journal of Biological Education*, 24(3): 161-172.

REID, D. (1990 b). The role of picture in learning biology: part 2, Picture-text processing. *Journal of Biological Education*, 24(4):251-258.

SOLOMON, E. P et al (2001) *Biología* 5ª edición, Mc Graw Hill Interamericana, México.

STENHOUSE, L. (1998). La investigación y el desarrollo del currículum (4ª Ed.). Madrid: Morata.

STEWART, J. (1982) : Difficulties experienced by high school students when learning Basic Mendelian Genetics en The American Biology Teacher, vol. 2 N° 44, pp. 80-84, 89.

UNESCO (1982): Informe final del Simposium Internacional sobre Educación relativa a los Medios. París.

WOOD-ROBINSON, C., Lewis, J. y Driver, R. **Genética y formación científica: Resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza.** Enseñanza de las ciencias, 1998,16 (1), 43-61.

ZABALA, A. (1990): Materiales curriculares, en Mauri, T. et al: El currículum en el centro educativo. Barcelona. ICE de la Universitat de Barcelona/ Horsori. (Cuadernos de Educación), pp.125-167.