

**ENSEÑANZA DE LA HERENCIA BIOLÓGICA
UNA PROPUESTA DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
PARA EL 8º EN EL COLEGIO LICEO SANTA TERESA**

LUCIA CATALINA ARBELAEZ SÁNCHEZ

MONOGRAFÍA

**ASESORA: MARTA SALGAR SALDARRIAGA
BIÓLOGA GENÉTICA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACION
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES
MEDELLÍN
2002**

*Dedico este trabajo a mi familia,
a quien debo lo que soy, en especial a tí
padre, porque aunque no estas aquí, sigues
velando por que cumpla mis sueños.*

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	5
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION	7
1.1. PROBLEMA	7
1.2. JUSTIFICACIÓN	9
1.3. OBJETIVOS	9
1.3.1. General	9
1.3.2. Específico	9
1.4. DESCRIPCIÓN ETNOGRÁFICA	10
1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	10
1.5.1. La genética y el currículo	10
1.5.2. Algunas dificultades en la enseñanza de la genética	12
1.5.3. Algunas alternativas para la enseñanza de la genética	13
1.6 ENCUESTA SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA	20
2. REFERENTE SICOPEDAGOGICO	29
3. PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PROCESOS HEREDITARIOS	46
3.1. UNIDAD DIDÁCTICA HERENCIA Y VIDA	48
3.1.1 Guía del profesor	57
3.1.2 Guía 1 La diversidad de la vida celular	61
3.1.3. Guía 2 ¿Qué es el ADN?	84
3.1.4. Guía 3: Probabilidad	108
3.1.5 Guía 3: Nuevas Generaciones	121
3.1.6 Guía 4: La vida y el azar	164
3.1.7 Guía 5: La manipulación genética	207
4. OBSERVACIONES	123

5.	PROBLEMAS ENCONTRADOS Y RECOMENDACIONES	124
6.	CONCLUSIONES	125
	ANEXOS	126
	AGRADECIMIENTOS	135
	BIBLIOGRAFIA	136
	CREDITOS DE IMAGENES	138

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1940 sabemos que en el interior de cada célula hay varias moléculas que almacenan la información que se requiere para la vida. Esta información es transmitida de generación en generación con algunas variaciones y los procesos por medio de los cuales se transmite dicha información se conoce como herencia.

Comprender los procesos mediante los cuales opera la herencia es comprender un poco el entramado de la vida y por tanto del mundo que nos rodea y del cual hacemos parte, debido a que la expresión de la información hereditaria influye en el funcionamiento de los seres vivos en todos los niveles y es la base conceptual para explicar la evolución. Además actualmente se están produciendo investigaciones y tecnologías relacionadas con el material hereditario y cada vez se hace más necesario entender las implicaciones que éstas tienen, para poder adoptar una postura y tomar decisiones razonables en el momento que así se requiera.

Investigaciones realizadas en la didáctica de la genética han señalado muchas dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de los procesos hereditarios relacionados principalmente con la complejidad del tema y con las dificultades que caracterizan las estrategias de enseñanza. Smith 1988 (citado en Ayuso 1996, p 127). Dichos obstáculos fueron corroborados por la autora de este trabajo durante la experiencia pedagógica en la práctica docente y constituyeron uno de los principales motivos para la elaboración de esta monografía.

Por estas razones y con el ánimo de superar las dificultades encontradas, el presente trabajo pretende elaborar una propuesta didáctica para la enseñanza de los procesos hereditarios que promuevan un aprendizaje significativo de los

mismos.

Dicha propuesta se fundamenta en la teoría de los modelos mentales de Johnson Laird, debido a los planteamiento que éste hace sobre la forma en que funciona la mente, ofrecen una base para elaborar estrategias que pueden permitir acercar el modelo que sobre la herencia biológica tienen los estudiantes, al modelo que la ciencia propone.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PROBLEMA

Las practicas pedagógicas que se utilizan convencionalmente para la enseñanza de la herencia, no permiten que en los estudiantes se produzca un aprendizaje comprensivo y reflexivo de los procesos hereditarios.

1.2 JUSTIFICACION

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 8º, 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.

La comprensión de la genética es importante por que permite explicar muchos fenómenos biológicos, esto se debe a que la expresión de la información genética influye en el funcionamiento de los seres vivos en todos los niveles estructurales, funcionales y gran parte los comportamentales y es la base conceptual para explicar la evolución. Por tanto incluir dentro del plan curricular en la educación básica secundaria el estudio de los procesos hereditarios es importante debido a que la genética unifica la biología (Klug, 1999).

Sumado a lo anterior en la actualidad se están produciendo descubrimientos y tecnologías como la clonación, el genoma humano, la modificación de las especies, la terapia génica y las armas biológicas entre otros, que han tenido un rápido desarrollo con implicaciones sociales y ecológicas importantes, aspecto que hace aún mas importante el conocimiento de la genética pues cada vez con mayor frecuencia se deben tomar decisiones frente a estos, para lo cual es

indispensable entender de que se habla y las consecuencias de aceptar o rechazar la aplicación de estas nuevas practicas en los seres vivos.

A pesar de que los procesos hereditarios son incluidos dentro de la formación básica, las dificultades tanto para la enseñanza como para el aprendizaje son bastantes. Durante la práctica, la autora de esta monografía observó que las metodologías empleadas en la enseñanza de los procesos hereditarios, centrada en la transmisión de información verbal y la ejecución de actividades de los textos guía, no logra un aprendizaje significativo de la herencia, debido a que los estudiantes no relacionan los conceptos de teoría cromosomica, división celular, reproducción y herencia de caracteres (leyes mendelianas) entre si; y tampoco utilizan estos conocimientos para explicar otros fenómenos biológicos. Además, no se establece conexión entre el conocimiento científico que sustenta los procesos de la herencia con el conocimiento común, ni con las preconcepciones del estudiante. No se reflexiona sobre las aplicaciones e implicaciones que la herencia tiene en los seres vivos y no se promueven discusiones para la comprensión de conceptos básicos que permitan desde un conocimiento de base adoptar una postura crítica y ética frente a nuevas tecnologías, relacionadas con la manipulación del material hereditario.

En didáctica de la genética se han realizado algunas investigaciones encaminadas a determinar las dificultades existentes para la enseñanza y el aprendizaje de la genética (Banet 1995), pero a pesar de esto son pocas las propuestas para la enseñanza de la herencia, lo que indica la necesidad de pensar en nuevas estrategias de enseñanza orientadas a lograr un aprendizaje significativo de la herencia y sus procesos, que produzca cambios de conceptos, procedimientos y de actitud en los estudiantes.

Por todos los anteriores planteamientos se justifica pensar en cómo enseñar los

procesos hereditarios, para que a partir de estas reflexiones se diseñen propuestas que permitan a los profesores una enseñanza de los procesos hereditarios que promueva en los estudiantes un aprendizaje significativo de la herencia.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General: Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la herencia biológica en el 8º en el Colegio Liceo Santa Teresa.

1.3.2 Especifico: Diseñar una unidad didáctica que permita acercar los modelos mentales que sobre la herencia biológica tienen los estudiantes, al modelo explicativo que la ciencia ofrece de los procesos hereditarios.

1.4 DESCRIPCION ETNOGRÁFICA:

La practica docente se realizo en el Colegio Liceo Santa Teresa, ubicado en el barrio Acevedo, de la ciudad de Medellín, departamento de Antioquia.

El Liceo Santa Teresa es un colegio oficial, femenino, dirigido por religiosas. En la institución se ofrece educación desde básica primaria hasta el ultimo grado de básica secundaria a jóvenes de estratos, uno, dos y tres.

La población estudiantil con la cual se desarrollo este trabajo en su fase inicial, comprende jóvenes entre los trece y los dieciséis años de edad, que cursan el octavo grado de básica secundaria.

ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

La información citada a continuación, se basa en la revisión bibliográfica que hizo Bugallo acerca de la didáctica de la genética.

1960 – 1995.

1.5.1 La genética y el currículo

Bugallo (1995) indica que el interés sobre la enseñanza y el aprendizaje de la genética viene desde mediados de los años 60, cuando en Gran Bretaña se incluyó en el currículo para la formación básica, el tema de la herencia y la evolución como eje central de la biología. Esto suscitó opiniones contradictorias que dieron origen a un debate que incluso hoy se mantiene, acerca de la pertinencia de incluir o no en la formación básica el estudio de la genética. Aquellos que estaban en desacuerdo con que la genética hiciera parte del currículo como Mitchell y Lawson (1983) fundamentaron su posición en la teoría piagetiana de los estadios del desarrollo; indicando que el contenido de la disciplina es formal y que tales conceptos son difíciles de comprender por los estudiantes de secundaria, debido a que estos se encuentran en la etapa de operaciones concretas y carecen de destrezas hipotético-deductivas, como la capacidad de razonamiento combinatorio, probabilística y proporcional.

Contrariamente a la posición de Mitchell y Lawson y también desde una perspectiva piagetiana Haley y Good (1976) años atrás en sus investigaciones sobre la comprensión de esta área de la biología, encontraron que tanto estudiantes de secundaria como de primer nivel universitario se encontraban en el campo de las operaciones concretas, lo que contradice los planteamientos piagetianos pues, según estos, cuando las personas ingresan a la universidad se deben encontrar en la etapa del razonamiento formal y en la realidad encontramos que esto no es así.

Al respecto Walker, Hendrix, Mertens (1980) se pusieron en la tarea de investigar, y encontraron que la permanencia del nivel operacional concreto se debe a la falta de experiencias que promuevan la adquisición del razonamiento formal, lo que puede solucionarse si se desarrollan estrategias didácticas que faciliten el desarrollo cognitivo de los estudiantes en este nivel.

Otros investigadores como Shayer (1974) Deadman y Kelli (1978) también apoyaban la inclusión de la genética en el plan de estudios, argumentando primero que este tema es relevante en la educación por la importancia social y científica, y segundo que es posible la comprensión del mismo siempre y cuando se propongan métodos apropiados para presentarlo en ese nivel educativo.

Hackling y Treagust (1984) reconocen la complejidad del tema y la existencia de limitantes en los estudiantes de secundaria para comprender la temática, pero afirman que estos serían capaces de comprender los fenómenos de la herencia biológica, si se desarrollan experiencias concretas y cercanas a la vida cotidiana.

Smith y Sims (1992, p 381) también están a favor de incluir en el plan de estudios la genética y desvirtuaron la posición contraria al calificar el término "hipotético" de poco claro y al considerar que es erróneo hacer una interpretación estricta de los estadios Piagetianos. Referente a la enseñanza de la genética, consideran que el diseño de metodologías didácticas son capaces de impulsar en los estudiantes de secundaria la comprensión de la herencia.

Un último argumento a favor de la inclusión de la genética en el currículo, es la necesidad actual de que las personas comprendan los elementos básicos de la genética, pues cada vez se acerca más el día de tomar decisiones respecto a la manipulación genética y es más probable que se tomen decisiones sensatas si se

comprenden las consecuencias que tales practicas pueden acarrear. (Thomson y Stewart, 1985).

1.5.2 Dificultades en la enseñanza de la genética

A comienzos de los años 80 Johstone y Mahmoud (1980) realizaron una investigación que buscaba determinar cuáles eran los contenidos de biología más difíciles de aprender. Finley (1992) por su parte indago cuáles eran según los profesores los contenidos que causaban mayor dificultad para enseñar. En ambas investigaciones la genética ocupaba los primeros lugares, especialmente en lo que se refería a los procesos de mitosis, meiosis, teoría cromosomica y leyes de Mendel.

El interés por indagar acerca de la enseñanza y aprendizaje de la genética aumento notoriamente y algunas de las investigaciones más importantes al respecto muestran que entre los principales obstáculos para la comprensión de los procesos hereditarios están: el uso de la terminología, la escasa relación entre conceptos, la dificultad para solucionar problemas y la ausencia de un trabajo práctico.

Referente al uso de la terminología Radford y Bird – Stewart (1982) y Smith (1991, p380), encontraron que la enseñanza superficial de los procesos de división celular (mitosis y meiosis) ocasionan confusión y no permiten que se establezcan diferencias entre ellos, algo fundamental para la comprensión de la herencia. Así mismo Cho (1995) encontró que los textos tratan de manera incorrecta términos básicos como: gen y alelo, ocasionando errores conceptuales.

En cuanto a la relación de conceptos Radford y Bird – Stewart (1982) y Smith (1991) hallaron que cuando se enseña la división meiotica no se establece relación de ésta con la fertilización, los ciclos de vida y la diferencia entre células

haploides y diploides.

Cho (1985) por su parte indica que no se establecen relaciones entre alelo, gen, ADN, cromosoma, rasgo, gameto y cigoto; tampoco en pares alélicos y expresión del gen, ni entre replicación del ADN, separación cromosómica y transmisión del rasgo.

Otra característica que dificultan la comprensión de la genética según Longeden (1982), es el componente matemático que requieren los problemas de genética, aspecto que es escaso en otras temáticas de la biología.

Radford y Bird – Stewart (1982) y Smith (1991) encuentran como limitante el tiempo en el trabajo práctico en genética, debido a que los experimentos requieren de semanas o incluso meses, lo que es difícil siguiendo el calendario escolar.

1.5.3 Alternativas para la enseñanza de la genética

Para superar las dificultades descritas anteriormente algunos investigadores han propuesto diferentes alternativas.

Walker, Hendrix y Mertens (1980, p 381) y Tolman (1982, p 381) proponen el diseño de secuencias didácticas para mejorar la capacidad de los estudiantes a la hora de aplicar los modelos de pensamiento formales en los problemas de genética mendeliana.

Smith y Sim (1992) proponen para superar las dificultades encontradas un replanteamiento de las técnicas educativas, que tengan en cuenta los niveles cognitivos, hacer una reducción de los conceptos formales e incrementar el tiempo dedicado a la intervención pedagógica para la apropiación de los conceptos.

Otras revisiones bibliográficas:

1995 - 2000

Banet (1995) en sus investigaciones halló muchas similitudes en la forma como los docentes enseñan el tema de genética y encontró también que estas coincidencias se deben en gran parte al seguimiento de los textos escolares por parte de los profesores, por este motivo emprendió una revisión de la presentación que sobre genética hacen los libros de seis reconocidas editoriales.

En el análisis de los libros Banet (1995) encontró que:

-El núcleo central de la genética suele ser las leyes de Mendel. Los estudiantes deben identificar cual ley esta 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, para Banet (1995), 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 mas cercanas puede favorecer la comprensión de la herencia biológica.

Según Banet (1995) aproximar los proceso de la herencia a un ámbito mas cercano puede ser muy motivante para los estudiantes, en la mediada en que encuentran mas significativos los contenidos. Además los estudiantes conocen mas 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.

Banet (1995), también ha realizado indagaciones a los estudiantes para develar sus concepciones sobre herencia, a continuación se resumen los resultados:

-Se diferencian dos clases de células, somáticas y sexuales, sin embargo solo reconocen las sexuales como portadoras de material hereditario.

-Conocen el termino cromosoma y en muchos casos se sitúa en el núcleo celular.

-Los cromosomas sexuales son considerados en muchas ocasiones como los únicos portadores de la información hereditaria.

-Las células de otras partes del cuerpo no poseen cromosomas.

-No se relaciona la división celular con la transmisión de la información hereditaria.

-Cuando se admite que otras células diferentes a las gaméticas poseen información hereditaria, es debido a que heredo información solo para cumplir su función celular.

-Hay dificultades para comprender que todas las células de un mismo organismo llevan la misma información hereditaria.

De acuerdo con éstos resultados Banet (1995) ha hecho explícitas las siguientes sugerencias:

-Intentar al máximo que los estudiantes relacionen conceptos básicos como célula, cromosomas, material genético, estructura y funciones celulares antes de profundizar en un estudio profundo de la herencia.

-Relacionar los procesos de división celular mitótica y meiótica, sin dar mucha importancia a las fases de estas para que no se disperse el real significado del fenómeno.

-Cuando se aborden problemas de cruces con plantas, los maestros deben estar seguros de que los estudiantes sí las identifican como seres vivos conformados por células, con núcleo y con material genético, debido a que los estudiantes no relacionaban estos aspectos para todos los seres vivos.

-Las leyes de Mendel deben ser abordadas por los estudiantes después de

comprender algunos aspectos fundamentales de la herencia, para que se pueda hacer una adecuada interpretación de ésta experiencia.

Smith (1988), afirma que la genética es una de las temáticas de ciencias mas difícil de comprender debido tanto a la complejidad del tema como a las dificultades que caracterizan las estrategias de enseñanza, en especial las actividades de resolución de problemas. Para Brown y Garcia (1990) ambos factores son responsables de un aprendizaje memorístico, de la falta de comprensión y de la persistencia de nociones erróneas. (citados por Ayuso 1996)

En muchas ocasiones tales problemas pasan desapercibidos, pues se ocultan bajo pruebas que no implican una comprensión de los procesos hereditarios, sin embargo, cuando se acepta la presencia de los problemas mencionados se atribuyen a la desmotivación de los estudiantes y el escaso tiempo que estos destinan para estudiar. Ayuso (1996)

Ayuso (1996) indica que entre las estrategias que más se han utilizado para la enseñanza de la genética se encuentran la resolución de problemas, sin embargo, pocas veces ésta herramienta a ofrecido resultados exitosos. Entre las causas de éste fenómeno se encuentran la ausencia de significados de algunos conceptos y procesos genéticos o las interpretaciones erróneas de éstos, lo que impide hacer un planteamiento del problema.

En la resolución de problemas de genética se acostumbra utilizar el modelo causa-efecto, en los cuales se indican el genotipo de los parentales y el modelo de herencia del carácter; a partir de está información se indaga mediante un algoritmo cocido el fenotipo de los descendientes. Ésta clase de problemas pueden ser resueltos sin necesidad de una comprensión de la situación, por esto se ha sugerido que los problemas planteados tengan un enfoque tipo efecto –

causa en los cuales los estudiantes deban establecer el modelo de herencia y hallar los fenotipos y genotipos de los parentales. Este proceso puede propiciar un mayor nivel de razonamiento y podría contribuir a una mejor aplicación conceptual. (Stewart, 1993, 1988; Johnson y Stewart, 1990; Stewart y Hafner, 1991; citados por Ayuso 1996).

Otras dificultades señaladas por Ayuso (1996) para la resolución de problemas de genética son: la falta de un razonamiento hipotético –deductivo en los estudiantes y la presencia en éstos de una noción errónea de probabilidad para la comprensión de problemas relacionados con la herencia.

Ayuso (1996) realizó entrevistas a estudiantes de genética de las cuales extrajo la siguiente información:

-No reconocen las plantas como organismos con reproducción sexual, lo que presenta un gran obstáculo al resolver problemas que involucran éstos organismos.

-Confunden cromosomas homólogos y cromátidas.

-Presentan dificultades para establecer relaciones entre el material genético de ambas cromátidas.

-Muchas veces pueden resolver ejercicios correctamente aunque partan de preceptos equivocados o confusos, pues mecanizan un algoritmo que da resultado en una situación y lo aplican a situaciones análogas.

-Tienen dificultades para interpretar que los alelos para el mismo gen se encuentran en los cromosomas homólogos.

-Confunden el significado de gen y alelo.

-No establecen relaciones entre gen y cromosoma.

-No relacionan el proceso de meiosis con la tabla de Punnet en la resolución de problemas de genética.

-Tienen dificultades para comprender el concepto de probabilidad.

De acuerdo a los anteriores resultados, Ayuso (1996) sugiere no dar por su puesto ciertos conocimientos, incluso aquellos que parecen más elementales e indagar sobre las ideas de los estudiantes para detectar las dificultades que pueden tener al respecto.

Ayuso (1996) también propone enfatizar en la enseñanza de la división celular meiotica y los procesos de formación de gametos, debido a que estos conceptos son necesarios al momento de explicar los fenómenos hereditarios. Al respecto Moll y Allen (1987, citados por Ayuso 1996) indican que se obtiene mejores resultados si el método de resolución de problemas se basa en el proceso de división meiotica, que en la aplicación de un algoritmo

Referente a la resolución de problemas, es recomendable iniciar con problemas de tipo causa - efecto, sin embargo es importante formular verdaderos problemas a los estudiantes, ósea situaciones que impliquen analizar datos, emitir hipótesis, planificar el trabajo y hacer interpretaciones de los resultados. Ayuso (1996)

Mientras sea posible, al comienzo se deben formular problemas sencillos que motiven la estudiante, una alternativa seria enunciar problemas relacionados con la herencia de características humanas y permitir que sean los propios estudiantes

quienes recolecten los datos de los problemas a estudiar y al momento de evaluar. Es importante no centrarse en la respuesta correcta, se debe hacer énfasis en el proceso. Ayuso (1996)

Para aclarar las relaciones entre conceptos, es importante conocer las ideas previas de los estudiantes sobre herencia. Pashley (1994, citado en Ayuso, p 138) propone en este mismo sentido utilizar esquemas o maquetas y a través de estos representar las relaciones entre cromosomas, genes y alelos y su comportamiento durante los procesos de división celular.

Sigüenza (2000) realizó una investigación a cerca de la formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. En dicho trabajo se muestran las ventajas que a nivel educativo ofrece tanto para el estudiante como para el docente, incluir en la dinámica de la clase actividades basadas en modelos mentales. De esta manera en su trabajo se resalta la valiosa información que puede ofrecer al docente la lectura de las representaciones que realizan los estudiantes en la resolución de problemas, ya que estas pueden mostrar si hay o no comprensión de conceptos y las relaciones que el estudiante establece entre estos; aspectos que desde otras actividades podrían pasar desapercibidos. Esto puede ser utilizado por el maestro, pues si conoce como está operando el estudiante puede desarrollar estrategias que les permitan acercarse poco a poco y de una manera no arbitraria al modelo que de la herencia tiene la ciencia.

1.6 ENCUESTA SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA

Si bien el objeto de este trabajo es presentar una propuesta didáctica sobre la enseñanza de la herencia biológica; conocer los errores y los conocimientos “adquiridos” que los estudiantes tienen en relación al tema de genética, es

necesario para avanzar en propuestas didácticas concretas que sobre el tema se generen.

El cuestionario fue realizado a estudiantes de octavo grado de básica secundaria en cuatro colegios de Medellín, dos de carácter oficial (Inem José Félix de Restrepo y Colegio Marco Fidel Suárez) y dos de carácter privado (Unidad Educativa Salazar y Herrera y Colegio Montesory),

En total fueron encuestados 121 estudiantes, que respondieron doce preguntas, diez de éstas indagaban sobre su experiencia en el estudio de la herencia biológica y las tres restantes buscaban establecer el nivel de apropiación de algunos conocimientos de genética básica.

Las preguntas planteadas eran abiertas, con el fin de no conducir la respuestas de los estudiantes, la información obtenida fue procesada primero, identificando los ítem predominantes para cada pregunta, y luego ubicando las respuesta en el ítem correspondiente

-Intención de las preguntas

Con la pregunta numero uno: De los temas que has estudiado en la asignatura de Ciencias Naturales: ¿Cuál es el que más te ha gustado? y ¿Cuál es el que menos te ha gustado?, se pretendía indagar si los estudiantes incluían la genética entre los temas de mayor agrado, debido a que en la revisión bibliografica que se hizo en el presente trabajo sobre la enseñanza y el aprendizaje de la genética, algunas investigaciones indican que el tema de la herencia es considerado tanto por los profesores como por los estudiantes como uno de los temas más difíciles de abordar y comprender (Johstone y Mahmoud 1980; citados por Bugallo,1995). Así pues, si los estudiantes no incluían el tema de genética dentro de sus

preferencias se ratificarían las dificultades mencionadas, por el contrario si el tema de genética fuese elegido por los estudiantes dentro de sus preferidos sería necesario revisar las propuestas educativas que los colegios encuestados están realizando sobre el tema, pues un resultado como este ameritaría tener en cuenta las propuestas, debido a que se habría superado un obstáculo que puede entorpecer el proceso de enseñanza - aprendizaje.

La pregunta numero dos: ¿Has estudiado el tema de genética? Si__ No__ ; y ¿cómo fue tu experiencia en el estudio de este tema?, se proponía indagar si los estudiantes se sintieron cómodos o no en el estudio de la herencia biológica, si consideraban que el tema de genética era difícil o sencillo, en fin conocer las diferentes valoraciones que los estudiantes hicieran de su proceso de aprendizaje.

El interrogante numero tres: ¿Qué aprendiste del tema de genética? se formuló para que el propio estudiante hiciera una autoevaluación e indicará cuales fueron sus logros alcanzados en la temática. La información de ésta pregunta también indicaba indirectamente cuáles fueron los temas abordados por el profesor. Al respecto es posible que un estudiante que no comprendió la temática pase por alto algunos ejes conceptuales importantes, sin embargo la información de la mayoría de los estudiantes da una idea general de aquellos temas de genética en los que se hizo mayor énfasis.

Las preguntas numero cuatro y cinco: ¿Qué asunto te causó más dificultad en el tema de genética? Y ¿Qué asunto aprendiste con mayor facilidad en el tema de genética?, buscaban conocer aquellos temas que para los estudiantes eran difíciles, pero también aquellos que comprendían con facilidad. La información procedente de esta pregunta puede dar señales a los profesores para profundizar con estrategias adecuadas en aquellos temas de difícil comprensión.

Con la pregunta numero seis: ¿Cómo te enseñaron el tema de genética?, se pretende conocer cuales son los métodos utilizados por los maestros de estos colegios, y relacionarlos con los posibles logros y dificultades encontradas en el aprendizaje de los procesos hereditarios.

La pregunta numero siete: ¿Cómo estudiaste el tema de genética?, se formuló teniendo presente que la forma en como se estudia un tema repercute directamente en la comprensión del mismo. De acuerdo con esto, si se relacionan los aciertos y las dificultades que los estudiantes han tenido en el estudio de la genética con las técnicas que utilizaron en el proceso, se puede establecer una correspondencia directa, entonces si los resultados no son favorables seria preciso promover otras estrategias de estudio que permitan una mayor comprensión.

La pregunta numero ocho: ¿Qué otras cosas hubieras querido aprender en el tema de genética?, indaga sobre aquellos temas que quizás los docentes no tenemos en cuenta para enseñar, pero que podrían motivar al estudiante a aprender sobre la herencia biológica. Dicha información podría ser utilizada también como punto de partida para la elaboración de modelos conceptuales que faciliten la introducción al estudio de la herencia.

La pregunta 9: ¿Consideras útil para tu vida tener conocimientos de genética?, indaga si para los estudiantes es interesante el tema de la herencia biológica, pues es bien sabido que en muchos momentos de la vida escolar, éstos cuestionan la pertinencia de abordar en clase algunos temas, entonces si los educandos consideran que un tema es trivial y no le asignan sentido en su vida, será mas difícil para ellos interesarse en el tema y por tanto comprenderlo; por el contrario si encuentran el tema de herencia llamativo, es posible que su disposición sea mejor y por tanto su proceso de aprendizaje.

La pregunta diez presenta el siguiente caso: Un matrimonio tiene un hijo que se parece más al padre que a la madre, ¿Cómo puede ser esto posible?, con este cuestionamiento, se puede conocer si el estudiante entiende el concepto de dominancia y recesividad, y si comprende la idea del aporte de carga genética paterna y materna.

En la revisión bibliográfica que se realizó, se encontró que algunos investigadores (Ayuso, 1996) atribuyen el fracaso de la comprensión de los procesos hereditario debido a la escasa o nula relación que los estudiantes hacen entre los conceptos de genética, por este motivo se plantea al estudiante la pregunta numero once: Con respecto a la herencia, ¿cómo podrías relacionar las siguientes palabras: plantas, genes, bacteria, cromosomas, animales, células, mitosis, hongos, meiosis, ADN.

Con las relaciones se establezcan, se puede conocer si los estudiantes:

- Reconocen que todos los seres vivos están constituidos por células
- Conocen la existencia de moléculas portadoras de la herencia
- Comprenden el concepto de gen, alelo, cromosoma y homología
- Establecen relación entre división celular mitótica, división celular meiotica y ciclos de vida

Con el interrogante numero once además de obtener información sobre los conocimientos de los estudiantes referente a la herencia biológica, también se puede conocer que tan estructurados están éstos, cual es su grado de apropiación de los mismos y si hay una comprensión de los procesos hereditarios.

La pregunta numero doce, solicita al estudiante realizar un esquema de los cromosomas de un ser vivo con un número de cromosomas igual a cuatro: Con

este ítem se busca mediante representaciones pictóricas (externas) conocer o por lo menos hacer una aproximación a la representación mental (interna) que el estudiante tiene de los conceptos de: ADN, gen, cromosoma, cromosoma homólogo, cromátida hermana y alelo

A continuación se presentan mediante unas tablas y unos gráficos de barra los resultados obtenidos de las anteriores preguntas a estudiantes de cuatro colegios de la ciudad de Medellín. (Ver archivo de Excel: Graficas encuestas)

-Análisis de las encuestas

Los resultados del cuestionario aplicado a los estudiantes que abordaron el tema de genética muestran solo una tendencia del estado actual de los conocimientos y errores que sobre genética tienen los estudiantes de los colegios encuestados; de igual manera la descripción que aquí se presenta no pretende tener peso estadístico, si no contextualizar un poco la realidad.

En general, se puede ver en la pregunta número 1_a que hay un bajo porcentaje de estudiantes interesados en los temas de ciencias naturales. Las causas de este desinterés sin duda son múltiples, pero es posible que una de ellas sea la manera como se presentan éstos temas.

Se puede observar también en la pregunta número 1_b como el alto porcentaje de los estudiantes del CA (48%) que eligieron el tema: *Estructura atómica y cambios químicos* como el de mayor agrado en el área de ciencias naturales, no incorporan en su elección (12%) de una manera similar el de genética, el cual tiene una relación muy estrecha con los conceptos desarrollados al estudiar la *Estructura atómica y los cambios químicos*, dado que en este tema se adquieren las bases para una mejor comprensión de la estructura, duplicación y replicación del ADN y

otros temas afines a la genética.

También en la pregunta 1_b, en CB y CD (43% y 42% respectivamente) contestaron que el tema de *Estructura atómica y cambios químicos* es el tema que menos les ha interesado, lo cual se refleja en la elección de los procesos hereditarios (0% y 11 % respectivamente).

Los resultados de la pregunta numero uno corroboran las afirmaciones de algunos investigadores (Johstone y Mahmoud 1980; citados por Bugallo,1995) que indican que la genética es una de las temáticas de más difícil comprensión.

En la pregunta numero dos, el 100% los estudiantes encuestados respondieron que abordaron el tema de genética, en octavo grado y un alto porcentaje de éstos (56%) tuvo una buena experiencia en el estudio de este tema.

En la pregunta numero tres, las elecciones de los estudiantes son variadas y a excepción del tema que aborda el trabajo de Gregorio Mendel no hay una tendencia marcada respecto a lo aprendido en el tema de genética.

Siendo el trabajo de Mendel el más conocido por los estudiantes (27%), se observa en la pregunta numero cuatro que un porcentaje considerable de estudiantes (19%) presentaron dificultades para comprender las leyes Mendelianas de la herencia. También es importante señalar que el estudiantado (32 %) tuvo dificultades en todos los temas de genética.

La pregunta numero cinco reitera el bajo porcentaje de estudiantes que dice haber aprendido los temas de genética.

Las preguntas numero seis y siete muestran como las explicaciones del profesor

(44%) y el cuaderno de los estudiantes (30%) constituyen las formas mas usadas en los procesos de enseñanza – aprendizaje; evidenciándose tanto en colegios oficiales como privados una enseñanza tradicional.

La pregunta numero ocho indaga sobre los temas de genética que generan inquietud en los estudiantes, al respecto los educandos (34%) mostraron interés en aprender sobre el futuro de la genética, pero es preocupante que gran parte del estudiantado (44%) no manifiesten curiosidad por aprender acerca de aspectos relacionados con la herencia biológica

Es posible que el interés que algunos estudiantes manifiestan este dado por el bombardeo permanente al que están expuestos a través de los medios de comunicación (noticias, cine, programas especiales etc) que sobre el tema presentan canales de televisión como Discovery, el cual podría ser usado para desarrollar dichos temas en la clase de ciencias naturales.

En la pregunta numero nueve es importante resaltar como un 92% de los estudiantes consideran útil para su vida tener conocimientos sobre genética; éste interés podría ser aprovechado para que las clases de ciencias naturales se desarrollen de una manera mas adecuada.

En las preguntas numero diez, once y doce referentes al saber específico en el área de genética, se detecto el escaso o nulo conocimiento que sobre el tema tienen los estudiantes encuestados, aspecto que demuestra la necesidad de pensar en estrategias para abordar estos temas y lograr un proceso de enseñanza y aprendizaje más exitoso.

-Algunas generalidades:

Se puede observar en las tablas y gráficos de barras que no hay diferencias importantes en las repuestas de los estudiantes de colegios oficiales y privados.

La valoración que los estudiantes realizan de la enseñanza recibida en ciencias naturales es básicamente tradicional.

Se puede indicar que los estudiantes de todos los colegios tienen dificultades en la comprensión de los diferentes temas de ciencias naturales y concretamente en el tema de genética.

Antes de terminar es importante recordar que este estudio no es cuantitativo por lo que los comentarios aquí presentados no pretenden tener peso estadístico.

De acuerdo a la bibliografía consultada sobre la enseñanza y aprendizaje de la herencia biología y a los resultados de la encuesta anteriormente presentada, la autora de esta monografía considera que a través de unidades didácticas que tengan en cuenta los preconceptos de los estudiantes y que promuevan el acercamiento de los modelos teóricos de la ciencia, a los modelos mentales de los escolares, además de una participación activa de los mismos, podrían ser una manera de lograr buenos resultados en el aprendizaje de la herencia biológica.

2. REFERENTE PSICOPEDAGOGICO

¿Cómo enseñar?, es una de las preguntas que más nos hacemos quienes estamos involucrados en la educación, bien sea desde el campo investigativo o desde la docencia. Sin embargo, para tal cuestionamiento, no hay una respuesta mágica, ni un método o estrategia aplicable a todas las experiencias que se pueden presentar en el proceso docente educativo. Por ésta razón, para que la pregunta ¿cómo enseñar? tenga sentido, es necesario formularla dentro de un contexto específico. La pregunta central del presente trabajo pretende indagar sobre las estrategias pedagógicas que permitan acercar a los estudiantes de octavo grado de básica secundaria a las explicaciones que ofrece la ciencia de los procesos hereditarios.

Para lograr dicho propósito, se abordará la teoría de Philip Johnson Laird, que con su propuesta de los modelos mentales, hace un valioso aporte a la psicología cognitiva ofreciendo una explicación de los procesos que siguen los individuos, para representar internamente la información que llega del mundo externo (Moreira, 1999).

Aunque Johnson Laird no elaboró su teoría con fines educativos, sus planteamientos permiten conocer como funciona la estructura cognitiva de los individuos, este conocimiento puede ser utilizado por los docentes para indagar cuales son los modelos mentales que sus estudiantes poseen, y luego partir de éstos con el fin de diseñar propuestas educativas, que permitan la elaboración de modelos mentales cada vez más explicativos y predictivos de los fenómenos, en este caso, de los procesos hereditarios.

Psicología Cognitiva

El funcionamiento de la mente ha intrigado desde tiempos remotos al hombre, sin embargo, aún hoy, ésta sigue siendo una incógnita por descifrar. A la vanguardia de las nuevas investigaciones sobre la naturaleza de la mente, se encuentra la ciencia cognitiva, que se encarga del estudio de la inteligencia y de sus procesos computacionales tanto en seres vivos, como en sistemas inteligentes (Simon y Kaplan, 1989, citados por Greca 1999).

Para elaborar explicaciones de la forma como funciona la mente, la ciencia cognitiva se apoya en áreas del conocimiento como la lingüística, la antropología, la neurociencia, la inteligencia artificial, la filosofía y la psicología cognitiva; siendo ésta última, desde donde Johnson Laird, hace su propuesta de los modelos mentales (Greca, 1999).

La psicología cognitiva remite la explicación de la conducta a entidades mentales, procesos y disposiciones de naturaleza mental y para esto realiza experimentos, elabora teorías y crea modelos computacionales (Greca, 1999)¹.

Tanto la psicología cognitiva, como la ciencia cognitiva, hacen uso de la analogía mente – computador para explicar sus teorías; adoptan la premisa de que el computador funciona de forma similar a como lo hace la mente humana. De acuerdo con esto, asumen que el sistema cognitivo de los individuos recibe información del mundo externo en un lenguaje común (lingüístico o pictórico), la cual es interiorizada en un “lenguaje” interno, llamado “el mentales” con el cual se realizan operaciones de tipo mental (percepción, razonamiento, memoria, etc), que luego se expresan al exterior utilizando nuevamente el lenguaje común. De forma análoga, el computador es tomado como un sistema que recibe información en un

¹ Ver figura 1

leguaje común por medio del teclado y procesa tal información en un “lenguaje” interno (cadenas de unos y ceros) con el que realiza algoritmos (guardan, recuerdan y modifican información entre otras cosas), para luego expresar los productos de éstos, de una forma elaborada en la pantalla del computador o en forma de impresión, utilizando para esto el lenguaje común (Greca, 1999)².

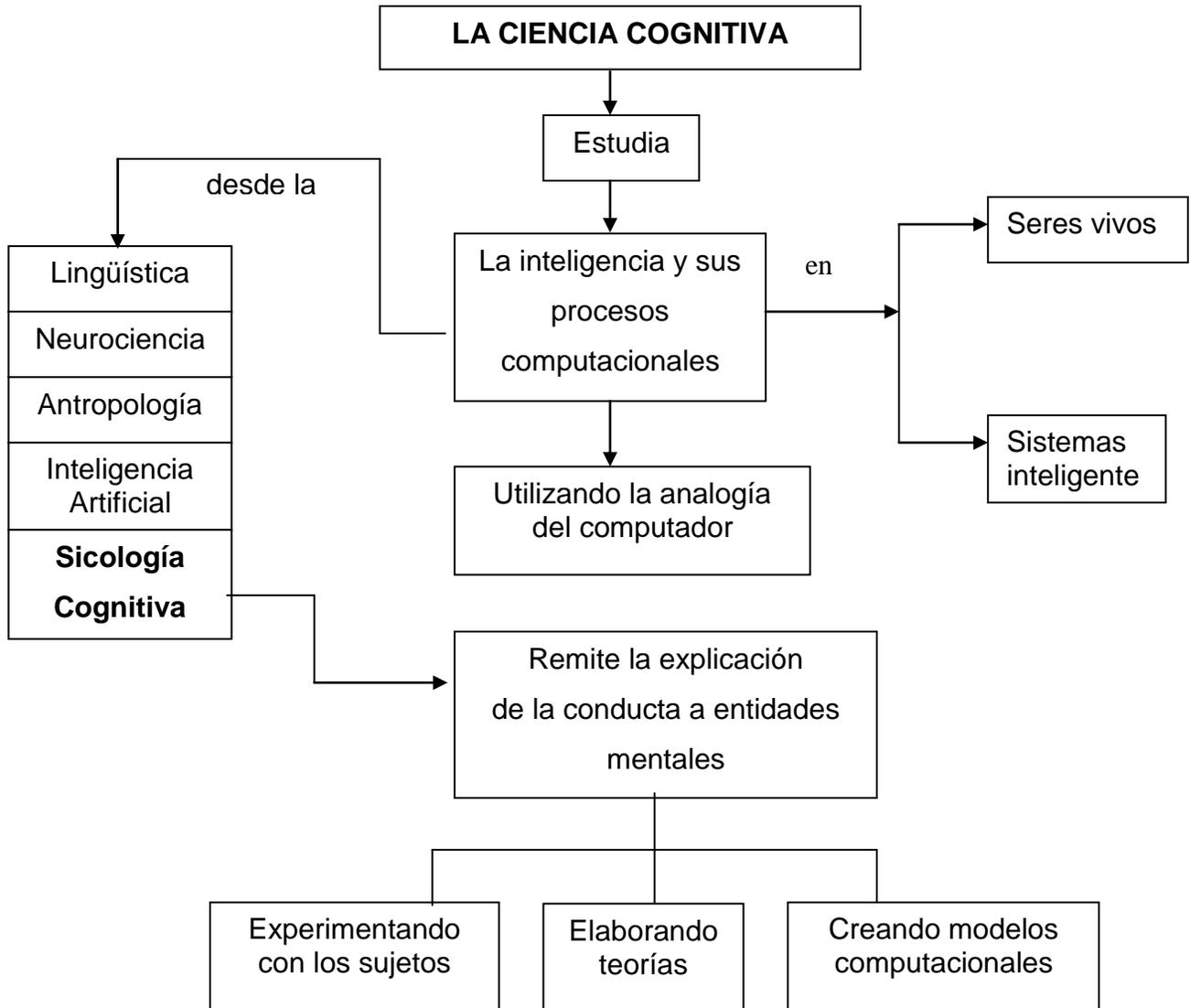


Figura 1. Diagrama elaborado a partir de la explicación que hace Greca (1999) sobre Ciencia cognitiva y psicología cognitiva.

² Ver figura 2

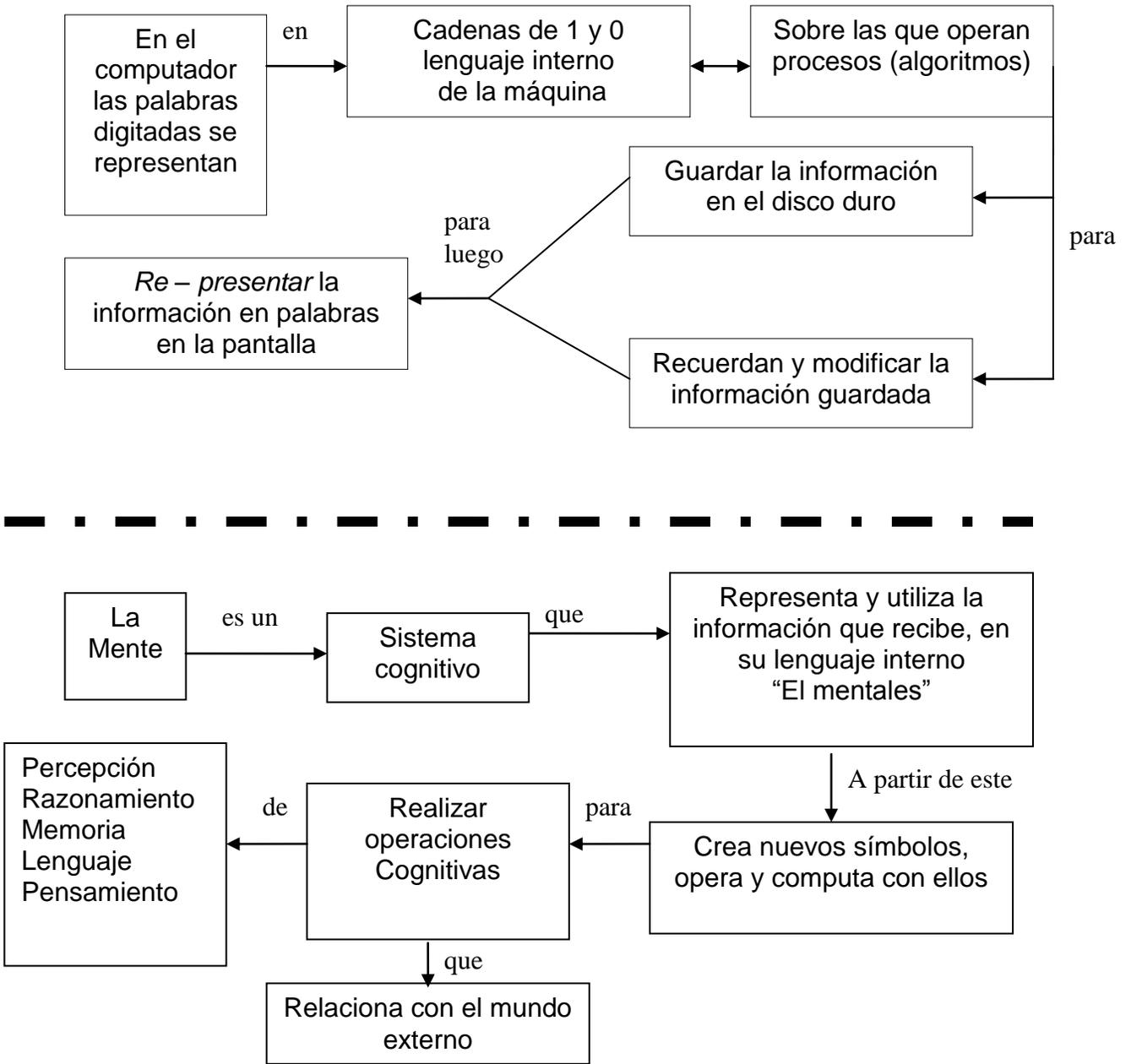


Figura 2. Paralelo entre las formas en que operan mente y computador, según la exposición que hace Greca (1999) referente a la analogía mente-computador, en la que se basan tanto la ciencia cognitiva como la psicología cognitiva y por ende los modelos mentales de Johnson Laird.

La analogía mente-computador, ha despertado susceptibilidades en algunas personas que no comparten la idea de que se compare el funcionamiento de la mente humana con un computador, sin embargo, ésta analogía es altamente eficiente cuando se trata de modelar cuáles son los procesos que sigue la mente para elaborar representaciones y supera ampliamente a otras analogías (mente-maquina, mente-estomago) que se han utilizado con el mismo fin (Greca, 1999).

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.

-Representaciones externas

Representación lingüística: Estas representaciones son abstractas, precisan símbolos discretos (palabras), y símbolos explícitos para sus relaciones (preposiciones, conjunciones etc), se ciñen por reglas gramaticales, son arbitrarias

y determinadas por convención (Greca, 1999).

Ej. Descripciones escritas.

Representación pictórica: Estas representaciones son concretas, no precisan símbolos discretos, los símbolos para establecer relaciones son implícitos, no existen reglas de combinación (Greca, 1999).

Ej: Diagramas, pinturas.

Las representaciones lingüísticas y pictóricas son indispensables para la comunicación del hombre, pero el grado de eficiencia de cada una depende del contexto en el que se utilicen, pues hay cosas que serían muy dispendiosas de comunicar con representaciones de tipo pictórico, además de que no todas las personas tienen facilidades para el dibujo; en tal caso, las representaciones lingüísticas son especialmente útiles, pero, en algunas ocasiones, se aplica el conocido refrán: *una imagen vale más que mil palabras*, siendo así más efectivas las imágenes. (Greca, 1999).

Por ejemplo, sería muy difícil escribir una novela o un texto científico utilizando solo representaciones pictóricas, además ocasionaría problemas de interpretación; pero en el caso de utilizar la expresión: *El computador está averiado*, dependiendo del público para el que vaya dirigida tal expresión, la siguiente imagen puede ser más significativa.



El computador está averiado

Si bien, las representaciones lingüísticas y pictóricas pueden ser utilizadas individualmente, éstas también se pueden combinar para ofrecer mejores resultados de comunicación.

-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 ideacional de la mente, independientemente de la modalidad original en la que la información fue encontrada (Moreira, 1999).

Ej. 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.

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).

Características de los modelos mentales

Para Moreira (1999), 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.
- Deben ser funcionales, para poder explicar y hacer previsiones sobre aquello que representan.
- Son incompletos, inestables y poco precisos.
- No tienen fronteras definidas.
- Reflejan carencias de las personas.

- Incluyen elementos innecesarios.
- Están limitados por el conocimiento, la experiencia y la estructura misma del sistema cognitivo.

Características definidas por Norman (citado por Moreira, 1999)

Las características señaladas 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 (tridimensionales, bidimensionales) o, pueden representar analógicamente la dinámica de una secuencia de eventos (Moreira,1999).

Modelos mentales, representaciones pictóricas y analógicas

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. Al respecto, el siguiente ejemplo puede ilustrar un poco como puede ser una representación proposicional, una representación analógica y un modelo mental desde la teoría de Johnson Laird.

La expresión: *El barco se hunde*, puede representarse mentalmente como una proposición, debido a que es verbalmente expresable. Tal expresión es válida tanto para un barco pequeño, grande, de varios niveles o de un solo nivel.

La expresión: *El barco se hunde*, puede representarse como un modelo mental, significando un barco prototípico.

Como se dijo anteriormente, los modelos mentales pueden dar cuenta de generalizaciones y abstracciones. Por ejemplo, si un sujeto posee un modelo mental de cómo se comportan pares de objetos en el momento de sumergirse, puede extrapolar el modelo mental de hundimiento del barco al hundimiento de otro objeto.

La expresión: *El barco se hunde*, pueden ser representado analógicamente como una imagen de un barco en particular, por ejemplo, un barco blanco de varios niveles.

De acuerdo con la caracterización de representaciones analógicas y proposicionales que se hizo anteriormente, los modelos mentales pueden ser: completamente analógicos, parcialmente analógicos y/o parcialmente proposicionales. Moreira (1999).

Principios de los modelos mentales

Los modelos mentales operan con base en unos principios de restrictividad, de construcción y de representación, definidos a continuación textualmente como lo hace Moreira (1996, p 9) en su monografía: "Los modelos mentales de Johnson Laird".

Principios Restrictivos:

Computabilidad: Los modelos mentales son computables, deben poder ser escritos en forma de procedimientos efectivos que puedan ser ejecutados por una máquina. Este vínculo viene del “núcleo duro” de la psicología cognitiva que supone que la mente es un sistema de cómputo.

Finitud: Los modelos mentales son finitos en tamaño y no pueden representar directamente un dominio infinito. Este vínculo se deriva de la premisa que el cerebro es un órgano finito.

Constructivismo: Los modelos mentales son construidos a partir de algunos elementos básicos “tokens” organizados en una cierta estructura para representar un estado de cosas. Este tercer vínculo resulta de la propia función primordial de los modelos mentales que es la de representar estados de cosas: como existe un número potencialmente infinito de estados de cosas que podrían ser representados, pero solo un mecanismo finito para construirlos, resulta que los modelos mentales deben ser construidos a partir de constituyentes más básicos.

Principios Constructivos:

Economía: Una descripción de un estado de cosas es representada por un sólo modelo mental incluso si la descripción es incompleta o indeterminada. Un único modelo mental puede representar una cantidad infinita de posibles estados de cosas, porque ese modelo puede ser revisado recursivamente. Cada nueva afirmación (“token”) puede implicar revisión de modelos para acomodarla.

No indeterminación: Los modelos mentales pueden representar indeterminaciones directamente si y sólo si, su uso no fuera computacionalmente intratable, si no existiera un crecimiento exponencial en complejidad.

Si se trata cada vez más de acomodar indeterminaciones en un modelo

mental eso llevará rápidamente a un crecimiento intratable del número de posibles interpretaciones del modelo que, en la práctica, dejará de ser un modelo mental.

Principios de representación:

Predicabilidad: Un predicado puede ser aplicable a todos los términos a los cuales otro predicado es aplicable, pero ellos no pueden tener ámbitos de aplicación que no se intercepten. Por ejemplo los predicados “animado” y “humano” son aplicables a ciertas cosas en común, “animado se aplica” a algunas cosas a las cuales “humano” no se aplica, pero no existe nada a las que “humano” se aplique y “animado” no.

Innatismo: Todos los primitivos conceptuales son innatos. Los primitivos conceptuales subyacen a nuestras experiencias perceptivas, habilidades motoras, estrategias cognitivas, en fin nuestra capacidad de representar el mundo.

Número finito de primitivos conceptuales: Existe un número finito de primitivos conceptuales que da origen a un conjunto correspondiente de campos semánticos y a otro conjunto finito de conceptos, u “operadores semánticos”, que ocurre en cada campo semántico y sirve para construir conceptos más complejos, a partir de los primitivos subyacentes. Un campo semántico se refleja en el léxico por un gran número de palabras que comparten en el núcleo de significados un concepto común. Por ejemplo, verbos asociados a la percepción visual como avistar, mirar, espiar, escrutar y observar comparten un núcleo subyacente que corresponden al concepto de ver. Los operadores semánticos incluyen los conceptos de tiempo, espacio, posibilidad, permisibilidad, causa e intención. Por ejemplo, si las personas miran alguna cosa, ellas focalizan sus ojos durante un cierto intervalo de tiempo con la intención de ver lo que ocurre. Los campos semánticos nos proveen de nuestra concepción sobre lo que existe en el mundo, sobre el mobiliario del mundo, en cuanto los operadores semánticos nos proveen de nuestro concepto sobre las varias relaciones que pueden ser inherentes a esos objetos.

Relación con la estructura: Las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas, percibidos o concebidos, que los modelos mentales representan. Este vínculo deviene en parte, de la idea de que las representaciones mentales deben ser económicas y por lo tanto, cada elemento de un modelo mental, incluyendo sus relaciones estructurales, debe tener un papel simbólico. No debe haber en la estructura del modelo ningún aspecto sin función o significado.

Para cerrar ésta breve explicación sobre los modelos mentales, se cita a continuación un párrafo del texto de Moreira (1996, p 8) que en la opinión de la autora de este trabajo, extracta la esencia de las representaciones mentales desde la óptica de Johnson Laird:

“...Para construir modelos mentales, la mente opera en dos niveles, uno macro y uno micro. Así a nivel micro, no consciente, la mente procesa la información trabajando con un lenguaje proposicional propio, “el mentales”, pero a nivel macro consciente o inconscientemente, la mente trabaja con lenguajes de alto nivel, los modelos mentales y las imágenes, que pueden ser expresadas por medio de representaciones proposicionales (Moreira, 1996, p 8).

Representaciones Mentales, Enseñanza y Aprendizaje

La naturaleza interna de los modelos mentales, no permite que conozcamos el lenguaje mediante el cual opera la mente, sin embargo, por medio de las representaciones lingüísticas y pictóricas que los sujetos hacen, es posible indagar sobre la manera como éstos interpretan la información que han recibido del medio, las relaciones que establecen y cómo la utilizan para dar explicaciones.

A nivel educativo, la información que las representaciones externas ofrecen, puede ser utilizada por el maestro de ciencias, como punto de partida, para

desarrollar estrategias que permitan acercar el modelo explicativo que los estudiantes poseen de los hechos, al modelo que propone la ciencia para éstos.

Para propiciar la elaboración de modelos mentales, los docentes deben dedicarse a la tarea de elaborar modelos conceptuales, materiales y estrategias instruccionales (Moreira, 2000).

Los modelos conceptuales, son definidos por Gentner y Stevens (1983, citados por Moreira 2000) como representaciones precisas, consistentes y completas de sistemas físicos, que se proyectan para la comprensión o para la enseñanza de los sistemas físicos.

Los modelos conceptuales, son a la vez elaboraciones de personas que operan mediante modelos mentales. Cuando el docente enseña un modelo conceptual específico, espera que sus estudiantes elaboren modelos mentales acordes con los modelos conceptuales, que, a su vez, deben ser consistentes con los sistemas físicos modelados (Moreira, 2000).

El objetivo de los modelos conceptuales es ayudar a la construcción de modelos mentales que ofrezcan explicaciones y predicciones de los sistemas físicos, por esta razón los modelos conceptuales enseñados deben ser aprensibles, funcionales y utilizables (Moreira, 2000).

Propuesta para la enseñanza de la herencia

Para esta propuesta de enseñanza de los procesos hereditarios, se ha elaborado un modelo conceptual estructurado en seis unidades didácticas que, presentan elementos teóricos explicativos de los fenómenos hereditarios y actividades variadas, encaminadas a lograr un aprendizaje desde la esfera conceptual,

actitudinal y procedimental.

La presentación de elementos conceptuales relacionados con la herencia, tales como: ADN, cromosoma, gen, alelo entre otros, se hace necesario debido a que estos conceptos no se construyen intuitivamente, sino que hacen parte de una elaboración formal. Por esto en las unidades didácticas los conceptos relacionados con la herencia biológica se presentan organizados coherentemente y acompañados de numerosas imágenes, para facilitar la elaboración de modelos mentales de entidades tan abstractas como las relacionadas con la herencia.

Como medio para propiciar la elaboración de representaciones lingüísticas y pictóricas que permitan la explicitación de ideas y la relación entre las mismas, en el presente trabajo, se hace uso de diferentes estrategias metacognitivas.

La metacognición “se refiere al conocimiento sobre los propios procesos y productos cognitivos” (Flavell, 1976; citado por Campanario, 2000). Algunas de las propuestas más relevantes en este campo, las hacen Novak y Gowin (1998) en su obra “Aprendiendo a aprender”. En este texto, proponen entre otras estrategias, la elaboración de mapas conceptuales como una herramienta metacognitiva que permite un aprendizaje significativo.

Los mapas conceptuales, tiene como objeto, representar relaciones entre conceptos en forma de proposiciones (Novak y Gowin; 1998, citado por Campanario 2000), dichas relaciones indican dependencias, similitudes y diferencias entre conceptos, así como su organización y jerarquía (Campanario, 2000).

Entre las múltiples aplicaciones que se pueden dar a los mapas conceptuales, están la exploración de ideas previas, el establecimiento de relaciones entre

conceptos, especialmente aquellos que pueden parecer inconexos, la organización de secuencias de aprendizaje, la síntesis de textos, la preparación de trabajos y como instrumento evaluativo (Campanario, 2000).

Respecto a la elaboración de los mapas conceptuales, Novak y Gowin (1998; citado por Campanario, 2000) afirman que la mejor manera de utilizar estos es promover su construcción por parte de quien aprende mediante el trabajo en grupo con la mediación del profesor.

Otras herramientas también inscritas dentro de la corriente metacognitivista, que favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje en una dirección significativa, son las actividades que implican procesos como los de predecir- observar- explicar.

Con estas actividades, se pretende que los estudiantes comprendan la importancia de sus concepciones intuitivas, en la interpretación de los fenómenos y sean conscientes de sus propios procesos de aprendizaje (Gunstone y Northfield, 1994; citado en Campanario, 2000).

Además de las actividades mencionadas, en las unidades didácticas también se proponen talleres de modelización que implican elaboración manual. Esta estrategia exige un conocimiento bastante estructurado del suceso a modelizar, pues implica la formulación de hipótesis y comprobación de las mismas; requiere establecer condiciones y relaciones entre los componentes del modelo para que este sea realmente explicativo y funcional.

Si se combinan la propuesta de los modelos mentales, los modelos conceptuales y las estrategias metacognitivas, descritas anteriormente, se puede promover un aprendizaje significativo en los estudiantes de los procesos hereditarios. Pues mientras los modelos conceptuales permiten acercar los modelos mentales de los

estudiantes, a los modelos propuestos por la ciencia para la explicación de la herencia, las estrategias metacognitivas formalizan éstos, permitiendo el desarrollo de relaciones entre conceptos y la comprensión de los mismos.

3. PROPUESTA, DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA HERENCIA BIOLÓGICA

En el presente trabajo se propone, para la enseñanza de la herencia biológica, la unidad didáctica: **Herencia y Vida**, que responde a las necesidades conceptuales, procedimentales y actitudinales que poseen las estudiantes del 8° en el colegio Liceo Santa Teresa.

La unidad didáctica **Herencia y Vida** está estructurada en seis guías que abordan respectivamente los temas de: teoría celular, código genético, probabilidad, reproducción, leyes de la herencia y elementos generales de manipulación genética.

Las guías presentan a los estudiantes de forma escrita, a manera de cartilla, los requerimientos conceptuales necesarios para comprender los procesos hereditarios. Junto con la estructuración teórica de la herencia biológica, las guías ofrecen actividades variadas: formulación y resolución de problemas, actividades de observar, predecir, describir, actividades de modelización y de establecimiento de relaciones, todas encaminadas a acercar el modelo que de la herencia biológica tienen los estudiantes al modelo que la ciencia ofrece de los procesos hereditarios.

Las actividades de cada guía se encuentran organizadas en cinco fases bien diferenciadas que han sido denominadas como: fase de exploración, fase de presentación, fase de motivación, fase de profundización y fase de evaluación.

En la figura 3, se presenta detalladamente información sobre las guías y sus fases, como se desarrollan éstas, su intención, las actividades que la componen y el tiempo requerido para su realización.

Antes de terminar esta presentación es pertinente señalar que la unidad didáctica para la enseñanza de la herencia biológica que aquí se presenta, es una alternativa dentro de las muchas posibles y por tanto no debe ser adoptada como algo acabado y rígido, por el contrario debe ser enriquecida permanentemente.

El profesor que quiera desarrollar la propuesta, puede hacerlo parcial o totalmente de acuerdo a las necesidades, sin embargo la autora de esta monografía recomienda seguir la unidad en la secuencia que se presenta.

3.1 UNIDAD DIDÁCTICA HERENCIA Y VIDA

CONVENCIONES:

AEC: Actividad extra-clase

LEC: Lectura

ER: Establecimiento de relaciones

PEC: Puesta en común

ENT: Entrevista

RP: Respuesta a preguntas.

(): Tiempo definido por el profesor

EXP: Explicación del profesor

TI: Trabajo individual

TG: Trabajo grupal

EMR: Elaboración de modelos representacionales.

REP: Resolución de ejercicios y problemas.

ELE: Elaboración de escrito

EMC: Elaboración de mapas conceptuales

AOPD: Actividades de observar, predecir y describir

SDA: Seguimiento desarrollo actividades

LAB: Laboratorio

ESTRATEGIAS	NOMBRE Y SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES	TIEMPO	CLASE DE ACTIVIDAD	INTENCIONES DE LAS ESTRATEGIAS
-------------	---------------------------------------	--------	--------------------	--------------------------------

FASE DE EXPLORACIÓN				
-Activación de las ideas previas.	-Explorando nuestras ideas.	1h	-TI, TG, RP, PEC	<p>-Conocer los preconceptos de los estudiantes y utilizarlos como “apoyo” de la nueva información para que así ésta adquiera significado en los estudiantes.</p> <p>-Plantear situaciones en las que los estudiantes identifiquen y reconozcan sus ideas a través de reflexiones individuales y de contraste con otros compañeros.</p>

FASE DE PRESENTACION				
-Presentación de la guía y del plan de trabajo.	-¿Cómo vamos a trabajar?	15 m	-EXP	-Introducir los estudiantes al estudio de las guías y presentar la dinámica de trabajo para desarrollar éstas. -Contextualizar la temática dentro del estudio de las ciencias naturales.

FASE DE MOTIVACIÓN				
-Presentación de los objetivos.	-Lo que lograremos		-EXP	-Pretenden orientar los conocimientos, actitudes y procedimientos deseables en los estudiantes.
-Planteamiento de problemas.	-Formulemos preguntas.	()	-TI ó TG	-Estimular en los estudiantes la curiosidad científica.
-Resolución de problemas.	-Buscando respuestas.		-TI ó TG	-Desarrollar actitudes hacia la practica investigativa.

FASE DE PROFUNDIZACION				
<p style="text-align: center;">Guía 2</p> <p>-Presentación conceptual del código genético.</p> <p>-Actividades de aplicación.</p>	<p>-¿Qué es el ADN?</p> <p>-Componentes del ADN</p> <p>-Estructura del ADN</p> <p>-Organización de la cromatina.</p> <p>-Teoría cromosómica</p> <p>-Concepto de gen</p> <p>-Genoma</p>	<p>6h</p>	<p>-TG, LEC</p> <p>-RP, ER, EMR, AEC, PEC</p>	<p>-Presentar a los estudiantes un material potencialmente significativo que les ofrezca herramientas conceptuales para comprender qué es el ADN y para establecer relaciones entre células, ADN, cromatina, cromosomas, genoma, herencia y seres vivos.</p> <p>-Desarrollar en los estudiantes la capacidad para describir, explicar, analizar, argumentar, establecer relaciones, formularse preguntas.</p> <p>-Estimular el respeto por los otros, la creatividad, la cooperación, el interés por las ciencias, la responsabilidad.</p>

FASE DE PROFUNDIZACION

<p>Guía 4</p> <p>- Presentación conceptual de las estrategias reproductivas de los seres vivos y de los procesos que intervienen en su desarrollo.</p> <p>-Actividades de aplicación.</p>	<p>-NuevasGeneraciones</p> <p>- Herencia y reproducción</p> <p>-Reproducción asexual en organismos unicelulares y pluricelulares</p> <p>-División celular mitótica</p> <p>-Reproducción sexual en organismos pluricelulares</p> <p>-División celular meiotica</p> <p>-Ciclos de vida</p>	<p>9h</p>	<p>-TG, LEC</p> <p>-AOPD, RP ER, EMR, EMC, AEC, PEC</p>	<p>-Presentar a los estudiante un material potencialmente significativo que les permita comprender cómo los seres vivos transmiten el ADN de generación en generación para perpetuar la especie</p> <p>-Desarrollar en los estudiantes la capacidad para describir, explicar, analizar, argumentar, establecer relaciones, formularse preguntas y diseñar experimentos entre otras.</p> <p>-Estimular el respeto por los otros, la creatividad, la cooperación, el interés por las ciencias, la responsabilidad.</p>
--	---	-----------	---	--

FASE DE PROFUNDIZACION				
<p style="text-align: center;">Guía 6</p> <p>-Presentación conceptual de algunos elementos generales de manipulación genética.</p> <p>-Actividades de aplicación.</p>	<p>- Manipulación genética</p> <p>-Genoma humano</p> <p>-Bioinformática</p> <p>-Organismos genéticamente modificados</p> <p>-Clonación</p> <p>Terapia genética</p>	<p>9h</p>	<p>-TG, LEC</p> <p>- RP, ER, EMC, ELE, AEC, PEC</p>	<p>-Presentar a los estudiante un material potencialmente significativo que les permita conocer algunas técnicas de manipulación genética, y comprender las implicaciones biológicas, éticas, económicas, científicas, políticas etc.</p> <p>-Desarrollar en los estudiantes la capacidad para describir, explicar, analizar, argumentar, establecer relaciones, formularse preguntas y diseñar experimentos entre otras.</p> <p>-Estimular el respeto por los otros, la creatividad, la cooperación, el interés por las ciencias, la responsabilidad.</p>

FASE DE EVALUACIÓN

-Diagnostico del desarrollo del la unidad.	-Seguimiento al desarrollo de las actividades -Autoevaluacion -Heteroevaluacion	()	-SDA -TI -TG -ELE, EMC, ENT.	-La evaluación se utiliza como instrumento para conocer los aciertos y las dificultades, los logros alcanzados y por alcanzar por parte del estudiante, del grupo y del profesor.
--	---	-----	--	---

3.2 GUIA DEL PROFESOR

A continuación se presentan algunas recomendaciones generales que el profesor debe tener presente al momento de desarrollar la unidad con sus estudiantes. Sin embargo, es importante anotar que la unidad didáctica por sí sola no logra un aprendizaje significativo de la herencia. Así que además de la unidad se requiere un gran compromiso por parte del profesor para realizar las actividades y por parte de los estudiantes se requiere disposición y deseo de aprender, hacer una lectura reflexiva de las guías que componen la unidad y realizar las actividades con responsabilidad.

RECOMENDACIONES GENERALES

-Es necesario que el docente comprenda a cabalidad los temas que trata la unidad (teoría celular, teoría cromosómica, reproducción, herencia de características discretas y cuantitativas, elementos generales de manipulación genética) para que pueda guiar el proceso de aprendizaje de sus estudiantes.

-El profesor debe realizar cada guía antes que los estudiantes, para que identifique las posibles dificultades que estas pueden presentar en los estudiantes, y las reoriente de acuerdo con las necesidades del grupo.

-Es pertinente asignar a un grupo diferente en cada sesión la realización de un protocolo que de cuenta de las actividades y reflexiones que se presentaron durante la sesión para leer a la siguiente clase, con el fin de recordar las actividades pasadas y contextualizar las nuevas actividades a realizar.

-Es importante que se revisen todas las tareas y trabajos propuestos, y que se haga una puesta en común donde los estudiantes puedan expresar como se

sintieron durante la realización de las actividades, lo que aprendieron y lo que les genera dificultad.

-Las actividades de refuerzo y recuperación deben ser diseñadas por el profesor al final de cada guía. Como cada estudiante presenta dificultades propias, la mayoría de las veces no generalizables, es pertinente en cuanto sea posible planear dichas actividades de manera personalizadas.

-Antes de pasar a desarrollar otra guía se debe estar seguro que los estudiante han comprendido a cabalidad la información que se ha presentado, porque de lo contrario será muy difícil para el estudiante comprender le tema siguiente, establecer relaciones y lograr un aprendizaje de la los procesos hereditarios.

RECOMENDACIONES ESPECIFICAS

Organización del grupo:

Las guías presentan actividades para realizar individual y colectivamente (parejas o tríos). Es importante que los grupos se conformen al azar para el desarrollo de cada guía, debido a que esto permite que las estudiantes: compartan entre si, no se formen grupos cerrados, se aprenda a convivir con otros respetando las ideas de los demás y confrontando las propias, creando un espacio para el debate y el análisis.

Fase de exploración:

Explorando nuestras ideas: La intención de esta fase es conocer las ideas previas de los estudiantes. Conocer dichas concepciones alternativas, brinda información muy importante al docente para prever las posibles dificultades conceptuales que pueden tener los estudiantes y de esta manera potencializar o reorientar las actividades para facilitar el proceso de aprendizaje.

Después de realizar las actividades propuestas para explorar las preconcepciones de los estudiantes es muy importante que se haga una puesta en común, donde los estudiantes conozcan las ideas y explicaciones que sus compañeros poseen, y las confronten con las propias.

El escribir sobre las ideas previas permitirá posteriormente al estudiante hacer una evaluación de la variación que estas ideas experimentaron durante el proceso de aprendizaje.

Fase de presentación:

En esta fase el profesor indica la dinámica de trabajo (materiales, procedimiento y forma organización grupal o individual). Es importante que la información suministrada sea clara para que los estudiantes puedan realizar bien las actividades.

Fase de motivación:

En esta fase el profesor debe presentar, explicar y discutir con los estudiantes lo que se pretende lograr y su importancia, pues si éstos conocen que es lo que se busca con las actividades pueden atribuirles sentido y realizarlas de una mejor manera.

En las actividades en las que los estudiantes deben formular preguntas y buscar respuestas es fundamental el acompañamiento del profesor; al respecto es acertado concertar horas de asesoría, de entregas de avance e informes.

Al finalizar cada guía los estudiantes deben presentar un informe de su microinvestigación, donde expongan la metodología empleada, las dificultades encontradas, los resultados obtenidos y las preguntas a resolver.

Fase de profundización:

Esta fase se desarrolla con la lectura de las guías y la realización de las actividades propuestas para alcanzar los logros propuestos. El papel del profesor es de acompañamiento permanente a los grupos.

Fase de evaluación:

La evaluación es un proceso permanente, donde la observación por parte del profesor de la forma como trabajan los estudiantes es fundamental. Además del seguimiento en el desarrollo de las actividades, la autoevaluación y la heteroevaluación (evaluación en conjunto donde participa el grupo) son importantes las entrevistas, pues éstas suministran al docente información muy valiosa sobre el proceso de aprendizaje.

Es importante tener en cuenta que los objetivos propuestos por los estudiantes en la autoevaluación se cumplen, para que la formulación de estos no se convierta en una actividad trivial .

4.OBSERVACIONES

Al comienzo de la intervención pedagógica, se manifestó resistencia a la metodología empleada para desarrollar las unidades didácticas, tanto por parte de las estudiantes, como del profesor cooperador; sin embargo, a medida que se realizaban las actividades, la actitud mejoró notablemente permitiendo que la propuesta pudiera llevarse a cabo.

La unidad didáctica Herencia y vida para la enseñanza de los procesos hereditarios, logró cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales en las estudiantes debido a que:

A nivel conceptual la mayoría de las estudiantes pudieron comprender y explicar con conceptos claros, argumentos lógicos y en el contexto de la teoría científica: qué es el ADN, dónde se encuentra la información hereditaria, cómo se transmite y cuáles son las implicaciones de estos procesos en los seres vivos.

En cuanto a los procedimientos, se observaron cambios positivos en las estudiantes para plantear preguntas, hacer reflexiones, establecer relaciones, analizar, evaluar y sintetizar información.

Referente a las actitudes, las estudiantes manifestaron, un mayor interés hacia la práctica investigativa e iniciativa personal frente al conocimiento. También se observó una mayor disposición hacia las actividades propuestas, cooperación entre las compañeras, respeto por el pensamiento de los otros y mayor responsabilidad con las labores.

5. PROBLEMAS ENCONTRADOS Y RECOMENDACIONES

El tiempo presupuestado en la escuela para la enseñanza de las diferentes temáticas es muy corto, por lo general se dispone de 4 a 8 horas. La enseñanza de la genética no escapa a esto, en éste lapso de tiempo se pretende que los estudiantes comprendan: teoría cromosómica, división celular mitótica y meiótica, leyes de Mendel, cruce monohíbrido, dihíbrido y ligamiento, codominancia, reproducción, ciclos de vida, clonación, genoma humano, transgénesis, etc. Un plan de estudios tan rígido y limitado como el que poseemos, no permite que los estudiantes lleven un proceso de aprendizaje comprensivo y reflexivo, todo lo contrario, la exigencia por desarrollar los contenidos en un tiempo tan breve, lleva a un aprendizaje superficial y confuso, debido a que no hay espacio para la reflexión, ni para el desarrollo de actividades de aplicación, de relación o de explicación, convirtiéndose la enseñanza en una trasmisión de conocimiento enciclopédico. Por esto, es pertinente replantear el diseño de las clases en relación al tiempo y pensar qué es mejor para el proceso docente educativo: ¿calidad o cantidad?, ¿contenido o comprensión?.

La falta de recursos es otro obstáculo para la enseñanza, concretamente para el tema de genética, se requiere de un laboratorio dotado con microscopios entre otros instrumentos, y de presupuesto para la adquisición de materiales didácticos, por lo que se hace urgente el diseño, adquisición y fomento de material didáctico en pos de un mejor aprendizaje no solo de la herencia sino de las ciencias en general.

6. CONCLUSIONES

Retomar la teoría de Johnson Laird, para elaborar la propuesta de enseñanza sobre la herencia, fue pertinente para esta monografía, debido a que los principios en los que dicha teoría se sustenta, permite promover en los estudiantes un aprendizaje comprensivo y reflexivo de la herencia.

El diseño de actividades y materiales propuestos en la unidad didáctica herencia y vida, permiten acercar los modelos mentales que las estudiantes tenían de la herencia, al modelo explicativo que la ciencia ofrece de los procesos hereditarios.

ANEXO

Modelo de la División Celular Mitótica

Foto 16: Profase temprana



Foto 17: Profase Tardía



Foto 18: Metafase



Foto 19: Anafase Temprana



Foto 20: Anafase tardía

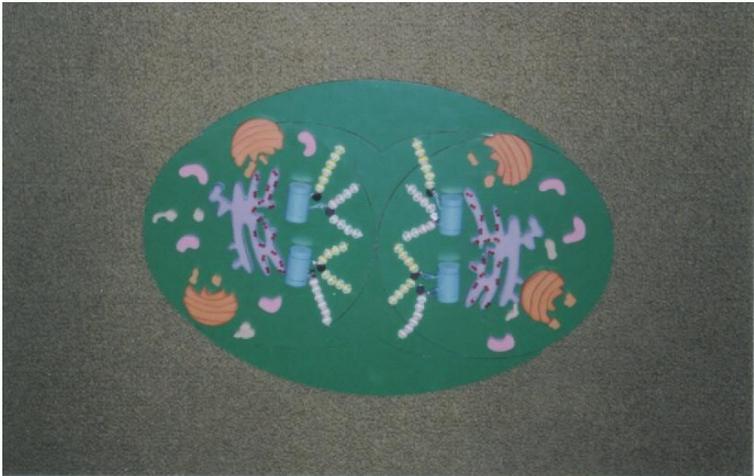


Foto 21: Telofase temprana



Foto 22: Telofase tardía



Foto 23: Citocinesis



Modelo de la División Celular Meioticas

Foto 24: Profase temprana I



Foto 25: Profase tardía I.
Entrecruzamiento



Foto 18: Metafase I



Foto 26: Anafase I



Foto 27:Telofase temprana I



Foto 28: Profase II



Foto 29: Metafase II

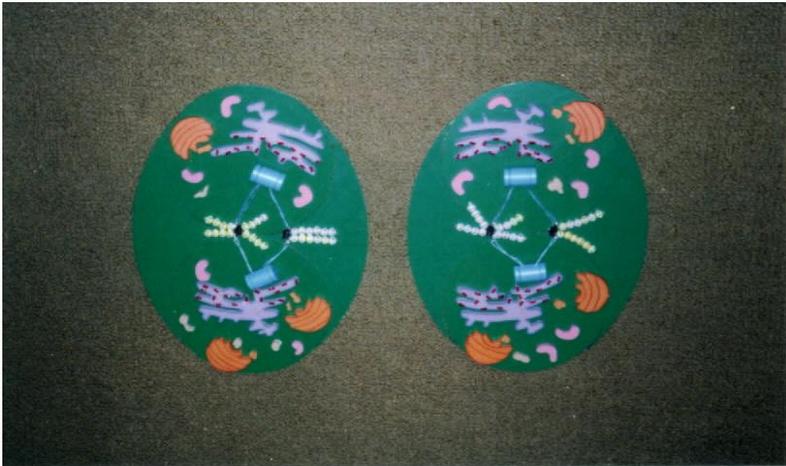


Foto 30: Telofase II

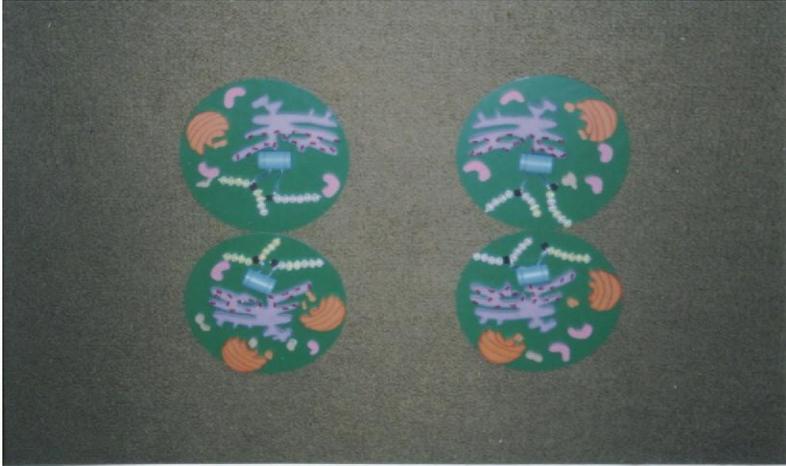


Foto 31: Telofase tardía II
Citocinesis



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda las personas que colaboraron en la realización de esta monografía, especialmente a:

Berta Lucilla Henao, por su apoyo y asesoría permanente

Jorge Ignacio Lara Mejía, por sus valiosos aportes y apoyo incondicional.

Marta Salgar Saldarriaga, por abrirme las puertas al conocimiento de la herencia, y darme las herramientas necesarias para la realización de este trabajo, por su ayuda constante, su dedicación y su amistad.

.

BIBLIOGRAFIA

AYUSO, E; BANE, E y ABELLAN, T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II ¿resolución de problemas o realización de ejercicios?. En: Enseñanza de las ciencias, Vol.14, No 2 (1996); p. 127- 142.

AUDESIRK, T y AUDESIRK, G. Biología: la vida en la tierra. España: Prentice Hall, 1996.

BANET, E y AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato I : Contenidos de enseñanza y conocimiento de los alumno. En: Enseñanza de las ciencias, Vol.13, No 2 (1995);p. 137 - 153.

BUGALLO, R. E. La didáctica de la genética: Revisión bibliográfica. En: Enseñanza de las ciencias, Vol. 13, No 3 (1995); p. 379 -385.

CAMPANARIO, J. El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. Enseñanza de las ciencias, Vol. 18. No 3 (2000); p. 369 - 380.

DE PRO BUENO, A. Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de enseñanza. Enseñanza de las ciencias, Vol. 17. No 3 (1999); p. 411 - 429.

GRECA, I. Representaciones mentales. I^{ra} escuela de verano sobre investigación en enseñanza de las ciencias. España: 1993. p. 255 - 294.

KLUG, S, y CUMMINGS, R. Conceptos de genética. España: Prentice Hall, 1999. p. 1

MARGULIS, L Y SAGAN, D. ¿Qué es el sexo?. España: Metatemas, 1997. p.104.

EL MUNDO DE LOS NIÑOS, Matemáticas. España: Salvat Editores S.A ,1982.
V. 13, p.163.

MOREIRA, M. A. La teoría de los modelos mentales de Jonson Laird. España: Instituto de física, monografías del grupo de enseñanza, serie enfoques teóricos, No 12. (1996).

MOREIRA, M. A. Modelos mentales. I escuela de verano sobre investigación en enseñanza de las ciencias. España. (1999). p. 299 - 341.

SIGÜENZA, M. A. Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. En: Enseñanza de las ciencias. Vol.18, No 3, p. 439 - 450.

Lineamientos curriculares ciencias naturales y educación ambiental, áreas obligatorias y fundamentales. Republica de Colombia, Ministerio de Educación Nacional. Magisterio. Santa Fé de Bogota. (1998)

CRÉDITOS IMÁGENES

UNIDAD 1: ¿De qué estamos compuestos?

Imagen 1: Pintura paraíso Suzanne Duranceau. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 2: Protozooario: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 3: Bacteria: www.ikmi.ch/Vetmed/Vet_bakt.htm

Imagen 4: Pez: <http://www.bio-logia.com.ar/peces.htm>

Imagen 5: Ave: www.cabinasguacamaya.com/tours.html

Imagen 6: Anfibio: <http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 7: Reptil: : <http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 8: Insecto: <http://www.bugsaway.com/germanroach.htm>

Imagen 9: Planta: vertsmp.free.fr/

Imagen 10: Hongo: <http://www.teleline.terra.es/personal/chantare/page3.html>

Imagen 11: Cnidarios:

Imagen 12: Bacteria: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 13: Célula vegetal con cloroplastos: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 14: Protozooario. Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 15: Alga: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 16: Células sanguíneas: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 17: Células tejido muscular: Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 18: Bacteria AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 19: Fotografía célula procariota: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 20: Modelo célula procariota: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 21: Cocos, bacilos y espiroquetas
http://fai.unne.edu.ar/microgeneral/03_micro.htm

Imagen 22: Cilios y flagelos
<http://cellsalive.com>

Imagen 23: Fotografía célula eucariota: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 24: Modelo célula eucariota: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 25: Modelo membrana celular
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 26: Modelo célula animal. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 27: Modelo célula vegetal . AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 29: Modelo mitocondria.
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 30: Célula y mitocondria. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 31: Fotografía de mitocondria. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 32: Modelo de cloroplasto.
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 33: Célula y cloroplasto. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 34: Modelo Retículo rugoso.
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 35: fotografía de retículo rugoso. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 36: Modelo de retículo liso:
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 37: Modelo de ribosomas:
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 38: Modelo de lisosoma
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 39: Célula y centriolos. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 40: Modelo de cilios y flagelos: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 41: Modelo de vacuola.
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 42: Elaborado con programas de Microsoft office

Imagen 43: Modelo aparato de golgi
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 44: Célula y aparato de golgi. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 45: fotografía aparato de golgi. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 46: Modelo de núcleo.
<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page3.html>

Imagen 47: Célula y núcleo. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 48: Modelo de microscopio. Microsoft Office.

Imagen 49: Imagen 47: Célula y núcleo. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en

la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

UNIDAD 2: ¿Qué es el ADN?

Imagen 50: ADN y vida. Ciencias Naturales 8 Santillana siglo XXI básica secundaria. Santa fe de bogota. Editorial Santillana. 1999, Pág: 91

Imagen 51: Fotografía célula eucariota. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 52. Fotografía célula procariota. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 53: Modelo molécula de azúcar.

Imagen 54: Bases nitrogenadas. Enciclopedia Encarta Microsoft 2000

Imagen 55: Grupo fosfato:

Imagen 54: Nucleótido:

Imagen 55: Fotografía de Watson y Crick. Enciclopedia Encarta Microsoft.

Imagen 56: Modelo de ADN. Descubrir 8, Pág: 103.

Imagen 57: Estructura del ADN
www.lafacu.com/apuntes/biologia/adn/default.htm

Imagen 58: ADN y bases nitrogenadas. Enciclopedia Encarta Microsoft. 2000

Imagen 59: Estructura del ADN. Enciclopedia Encarta Microsoft 2000.

Imagen 60: Fotografía cromatina, célula en profase: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 61: Modelo de cromatina.
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy.67/genoma>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 62: ADN. Enciclopedia Microsoft Encarta 2000.

Imagen 63: Modelo Nucleosoma.
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/editorial.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 64: Modelo ADN Bacterial.

Imagen 65: Modelo célula procariota. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 66: Modelo cromosoma duplicado.
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 67: Cromosoma, Nucleosoma, ADN, Célula
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 68: Fotografía cromosoma:
http://www.pathology.washington.edu/galleries/Cytogallery/Frame_setup/cytowords.html

Imagen 69: Modelo de ADN, cromosoma , núcleo celular.
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 70, 71, 72: Modelo de cromosoma. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen73, 74, 75, 76, 77: Fotografías de cromosomas:
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 78: Fotografías de cromosomas
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 79: Cariotipo humano coloreado. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 80- 81: Modelo de cromosoma.
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>.
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 81. Fotografía de protozoario. Enciclopedia Microsoft Encarta 2000.

Imagen 82: Fotografía bacteria: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 83: Fotografía planta: : <http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 84: Fotografía animal: : <http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 85: Fotografía Hongos: : <http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 86: Cariotipo femenino.
<http://www.pathology.washington.edu/galleries/Cytogallery/cytogallery.html>

Imagen 87: cariotipo masculino.
<http://www.pathology.washington.edu/galleries/Cytogallery/cytogallery.html>

UNIDAD 4: Nuevas Generaciones

Imagen 88: Feto.
<http://www.webs.ono.com/usr003/loreto-puntales/etapasembarazo.html>

Imagen 89: Molécula ADN
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy67/genoma.htm>
Revista ciencia hoy Vol 12 # 67 Feb –Mar 2002

Imagen 90: División celular por gemación: Elaborado con programas de Microsoft office

Imagen 91: División celular por esporulación: Elaborado con programas de Microsoft Office

Imagen 92: División celular por bipartición: : AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 93: Ciclo celular. Elaborado con programas de Microsoft office

Imagen 94: Reproducción asexual por mitosis. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición

Imagen 95: Ciclo celular mitótico: Elaborado con programas de Microsoft office

Imagen 96, 97, 98. Modelo fases de la división celular mitótica: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 99, 100, 101, 102, 103, 104. Modelo fases de la división celular mitótica: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 105,106,107,108,109, 110, 111. Fotografías división celular mitótica.
Modelo fases de la división celular mitótica: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 112: Modelo de fecundación animal:
<http://webs.ono.com/usr003/loreto-puntales/etapasembarazo.html>

Imagen 113: Ciclo celular meiotico: Elaborado con programas de Microsoft office

Imágenes 114 – 127: Modelo fases de la división celular meiotica.
Imagen 96, 97, 98. Modelo fases de la división celular mitotica: AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 128:Modelo ciclo de vida de mamíferos. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 129: Modelo ciclo de vida especie humana. AUDESIRK, Teresa y Gerald. La vida en la tierra. Pág. 847. Editorial Prentice Hall, cuarta edición.

Imagen 130: Planta.

Imagen 131: Pez
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 132: Ave.
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 133: Reptil:
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 134: Insecto:
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 135: Bacteria
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 136: Anfibio.
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

Imagen 137: mamífero
<http://www.bio-logia.com.ar/Bio-Fotos.htm>

UNIDAD 5: Azar y Vida

Imagen138: Bebes.

<http://www.geocities.com/fvielma.geo/vida.htm>

Imagen 139: Datos. Microsoft Office

Imagen 140:Niño jugando con la elementos de la herencia

www.cenamec.org.ve/Telecom/Ciber5/uno.htm

Imagen 150: Cromatina.

www.quimica.matrix.com.br/artigos/the_flash_43.html

Imagen 160: Las chicas súper poderosas

Imagen 161 –166: Elaborado con programas de Microsoft Office

Imagen 167:Microsoft

Imagen 167 –178: Elaborado con programas de Microsoft Office

UNIDAD 6: Elementos Generales de Manipulación Genética

Imagen 180: Hombre con cromosomas en sus manos

<http://www.aldeaeducativa.com/images/genetica.jpg>

Imagen 181: Cadena de ADN y Letras que representan nucleótidos.

http://www.isabel_7.tripod.com/2001/id1.html

Imagen 182: Gente realizando diferentes labores en un ADN en espiral

<http://www.red-dental.com/ot001301.htm>

Imagen 183: Analogía biblioteca geonómica

<http://www.saludhoy.com/htm/exam/articulo/genoma1.html>

Imagen 184:Analogía biblioteca geonómica

www.eldondelavida.cl/20.htm

Genoma en la mano

<http://www.pgh.hpg.ig.com.br/conc.htm>

Hombre envuelto en genoma.

<http://mensual.prensa.com/mensual/contenido/2001/01/14/hoy/reportajes.htm>

Imagen: Hombre y manipulación genética.

<http://www.aldeaeducativa.com/images/genetica.jpg>

Cariotipo azul

www.down21.org/vision_perspec/art_cromosoma_21.htm

Escalera de ADN. Manipulación genética

http://www.sentidocomun.net/Ingenier%C3%ADa_gen%C3%A9tica.html

