



**UNIVERSIDAD TECVIRTUAL
ESCUELA DE GRADUADOS EN EDUCACIÓN**

**Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo
mental sobre el concepto “biodiversidad”, en jóvenes de noveno año de
Educación General Básica**

Tesis para obtener el grado de:

Maestría en Educación con Acentuación en Desarrollo Cognitivo

presenta:

Ana Virginia Quesada Alvarado

Asesor tutor:

Alberto Juárez Escalante, MSc.

Asesor titular:

Héctor Méndez Berrueta, PhD.

San José, Costa Rica

Abril, 2013

Dedicatoria

A mi familia que tolera mis ausencias y aún así me da el soporte que necesito.

A mis buenos amigos, quienes están dispuestos a escuchar mis preocupaciones, descubrimientos y deseos de aprender.

Agradecimiento

A los jóvenes estudiantes del Colegio de Orosi y a su profesora Amelia, quienes con su curiosidad, ímpetu y alegría motivaron esta investigación, permitiéndome descubrir nuevas preguntas y alimentar mi pasión por el aprendizaje.

A los científicos colaboradores, muy especialmente a Greg Goldsmith, con quien comparto el interés y el compromiso por mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. A quien admiro y agradezco tanto su generosidad, como su rigurosidad al traducir su trabajo y conocimiento científicos en recursos abiertos para apoyar el aprendizaje de los niños, niñas, jóvenes y educadores.

A mis colegas Isabel Arias y Kathya Fallas, quienes confiadamente cedieron a mis solicitudes y apoyaron mi trabajo. A mi profesor asesor, el maestro Alberto Juárez Escalante, quien con su confianza, paciencia y buenos consejos hizo de este proceso, uno más fácil de llevar. Al doctor Méndez, mi asesor titular, por su guía y su siempre dispuesta y abierta comunicación.

Asimismo, a la Fundación CRUSA y a la OEA, de quienes recibí la beca para efectuar los estudios de Maestría en el Instituto Tecnológico de Monterrey, los cuales culminó con la presentación de esta tesis.

A todos, mis sinceras gracias.

Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental sobre el concepto “biodiversidad”, en jóvenes de noveno año de Educación General Básica

Resumen

Se condujo un estudio con diseño cuasiexperimental con pre-test y post-test para determinar cómo el aprendizaje mediado por un hipermedia educativo cambia el modelo mental sobre el concepto “biodiversidad” en jóvenes que estudian el noveno año de Educación General Básica en el Colegio de Orosi de la provincia de Cartago en Costa Rica. Para analizar los cambios se aplicó una prueba de conocimientos, se realizó análisis de contenido a un mapa conceptual, y se evaluaron algunas implicaciones pedagógicas y didácticas del trabajo con modelos mentales y con hipermedia educativo en los procesos de enseñanza-aprendizaje de Ciencias. Se concluyó que hubo cambios en los modelos de los estudiantes explicados por la intervención educativa. Las progresiones observadas fueron preponderantemente de naturaleza aditiva y algunas de profundización de las relaciones conceptuales. Se comprobó que la adición conceptual y la abstracción se favorecían si los estudiantes trabajaban con modelos sencillos y constituidos por pocos elementos, pero con conceptos más inclusivos. También se concluyó que la comprensión conceptual se favoreció por el uso del hipermedia Dosel en las Nubes y que la complementación del recurso digital con un itinerario de aprendizaje preciso minimizó la distracción de las tareas y la ausencia de metas por parte de los estudiantes.

Índice

| | |
|---|----|
| Capítulo 1: Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1. Los antecedentes del problema..... | 1 |
| 1.2. El problema de investigación..... | 5 |
| 1.3. Hipótesis..... | 7 |
| 1.3.1. Hipótesis nula..... | 7 |
| 1.3.2. Hipótesis alternativa..... | 7 |
| 1.4. Objetivos de Investigación..... | 9 |
| 1.5. Justificación de la investigación..... | 10 |
| 1.6. Limitaciones y alcances de la investigación..... | 11 |
| 1.6.1. Limitaciones..... | 11 |
| 1.6.2. Alcances..... | 12 |
| 1.7. Definición de términos..... | 12 |
| 1.7.1. Modelo mental..... | 12 |
| 1.7.2. Cambio cognitivo..... | 13 |
| 1.7.3. Hipermedia educativo..... | 14 |
| 1.7.4. Biodiversidad..... | 15 |
| Capítulo 2: Marco Teórico | 17 |
| 2.1. Los modelos mentales como una forma particular de representación mental..... | 18 |
| 2.2. Concepto y aspectos característicos de los modelos mentales, según Johnson – Laird..... | 20 |
| 2.3. Modelos mentales y cambio conceptual..... | 25 |
| 2.4. Construcción de modelos mentales en la investigación de la enseñanza – aprendizaje de las Ciencias..... | 29 |
| 2.5. Aprendizaje mediado e hipermedia educativa..... | 41 |
| 2.5.1. Investigaciones sobre hipertextos..... | 42 |
| 2.5.2. Investigaciones sobre multimedios..... | 47 |
| Capítulo 3: Método | 50 |
| 3.1. Introducción al método de investigación..... | 50 |
| 3.2. Población, contexto y muestra..... | 52 |
| 3.2.1. La población..... | 52 |
| 3.2.2. El contexto..... | 53 |
| 3.2.3. La muestra..... | 56 |
| 3.3. Instrumentos y métodos de observación..... | 57 |
| 3.3.1. Cuestionario sobre el concepto biodiversidad para los expertos..... | 60 |
| 3.3.2. Cuestionario para estudiantes con la prueba de conocimientos..... | 60 |
| 3.3.3. Mapas mentales de estudiantes y análisis de su contenido..... | 61 |
| 3.3.4. Entrevista semiestructurada enfocada..... | 62 |
| 3.3.5. Observación sistemática..... | 63 |
| 3.4. Proceso de recolección de datos empíricos..... | 63 |

| | |
|--|------------|
| 3.4.1. Fase preparatoria..... | 64 |
| 3.4.2. Fase de pre-test y post-test..... | 68 |
| 3.4.3. Fase de intervención educativa..... | 71 |
| Capítulo 4: Análisis de resultados..... | 73 |
| 4.1. Presentación de resultados..... | 73 |
| 4.1.1. Un modelo mental de referencia..... | 74 |
| 4.1.2. Cambios y progresiones entre los modelos de los estudiantes..... | 79 |
| 4.1.3. Significación de los cambios..... | 91 |
| 4.1.4. Implicaciones pedagógicas y didácticas..... | 98 |
| 4.2. Análisis de resultados..... | 104 |
| 4.2.1. Cambios y progresiones entre modelos de los estudiantes..... | 104 |
| 4.2.2. Significación de los cambios..... | 107 |
| 4.2.3. Implicaciones pedagógicas y didácticas..... | 108 |
| Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones..... | 111 |
| 5.1. Conclusiones..... | 111 |
| 5.1.1. Respecto a la pregunta y objetivos de investigación..... | 111 |
| 5.1.2. Apreciación crítica de la investigación..... | 117 |
| 5.1.3. Futuras investigaciones..... | 118 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 119 |
| 5.2.1. La necesidad de trabajar con modelos mentales precisos y conceptos inclusivos en las clases de Ciencias..... | 119 |
| 5.2.2. La indagación de las nociones erróneas que los estudiantes y los profesores poseen respecto a los conceptos científicos que enseñan y aprenden respectivamente..... | 120 |
| 5.2.3. La necesidad de entrenamiento en el uso de dispositivos didácticos para rastrear y hacer visible la forma en que se comprenden los conceptos que se estudian..... | 121 |
| 5.2.4. La construcción de itinerarios de aprendizaje pertinentes que aprovechen al máximo los medios digitales que ya son inminentes en las aulas..... | 122 |
| Referencias..... | 124 |
| Apéndices..... | 129 |
| Apéndice A. Definición del concepto biodiversidad, según expertos..... | 129 |
| Apéndice B. Conceptos centrales y complementarios que apoyan la comprensión de la biodiversidad, según expertos..... | 131 |
| Apéndice C. Síntesis conceptual para definir biodiversidad..... | 133 |
| Apéndice D. Sistema de categorías para el análisis de contenido..... | 134 |
| Apéndice E. Unidad didáctica “Definiendo y midiendo la biodiversidad”..... | 135 |
| Apéndice F. Plan de construcción y cuestionario sobre el concepto biodiversidad para expertos..... | 143 |

| | |
|--|------------|
| Apéndice G. Plan de construcción y cuestionario para estudiantes..... | 150 |
| Apéndice H. Mapas mentales de los estudiantes..... | 152 |
| Apéndice I. Guión de entrevista con la profesora de Ciencias..... | 157 |
| Apéndice J. Delimitación de aspectos, categorías y unidades de observación de la actividad de mediación de la profesora; y rejilla | 158 |
| Apéndice K. Delimitación de aspectos, categorías y unidades de observación del trabajo de los estudiantes y rejilla | 161 |
| Apéndice L. Matriz de unidades de análisis y contenido..... | 164 |
| Apéndice M. Mapas sobre el concepto biodiversidad, elaborados por los expertos..... | 165 |
| Apéndice N. Listado de conceptos de los mapas elaborados por cada estudiante del Grupo 1..... | 166 |
| Apéndice O. Listado de conceptos de los mapas elaborados por cada estudiante del Grupo 2..... | 168 |
| Apéndice P. Lista de conceptos identificados por estudiantes en los mapas, según grupo y momento..... | 170 |
| Apéndice Q. Estructura de navegación de Dosel en las Nubes..... | 174 |
| Apéndice R. Comparación de puntajes del post-test en la prueba de conocimientos para cada estudiante de cada grupo..... | 175 |
| Apéndice S. Ruta de aprendizaje seguida por grupo de estudiantes observados.... | 176 |
| Currículum Vitae de la autora..... | 177 |

Índice de Tablas

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Distribución de sujetos participantes en la muestra de investigación, según grupo..... | 56 |
| Tabla 2. | Distribución de los estudiantes participantes, según sexo..... | 56 |
| Tabla 3. | Distribución de los estudiantes participantes, según edad..... | 57 |
| Tabla 4. | Definición de instrumentos según los objetivos específicos de investigación..... | 58 |
| Tabla 5. | Valor del Alpha de Cronbach, según prueba de confiabilidad estadística..... | 67 |
| Tabla 6. | Nivel de dificultad de los ítems, según análisis estadístico con SPSS..... | 67 |
| Tabla 7. | Distribución de los expertos, según edad..... | 75 |
| Tabla 8. | Distribución de los expertos, según sexo..... | 75 |
| Tabla 9. | Principales concepciones erróneas sobre el concepto biodiversidad, según expertos..... | 77 |
| Tabla 10. | Distribución de puntajes obtenida en la prueba de conocimientos, según el pre-test y el post-test del grupo 1..... | 80 |
| Tabla 11. | Distribución de frecuencias, según diferencias del puntaje entre el pre-test y el post-test del grupo 1..... | 81 |
| Tabla 12. | Distribución de puntajes obtenida en la prueba de conocimientos, según el pre-test y el post-test del grupo 2..... | 81 |
| Tabla 13. | Distribución de frecuencias, según diferencias del puntaje entre el pre-test y el post-test del grupo 2..... | 82 |
| Tabla 14. | Lista de conceptos señalados en pre-test y post-test por estudiantes del Grupo 1, según variable recodificada..... | 83 |
| Tabla 15. | Lista de conceptos señalados en pre-test y post-test por estudiantes del Grupo 2, según variable recodificada..... | 84 |
| Tabla 16. | Distribución de puntajes del análisis de contenido de la elaboración del mapa de conceptos para estudiantes del grupo 1.... | 85 |
| Tabla 17. | Distribución de puntajes del análisis de contenido de la elaboración del mapa de conceptos para estudiantes del grupo 2.... | 89 |
| Tabla 18. | Valor observado de la T de Student para la comparación del puntaje del pre-test y el post-test, según grupo..... | 92 |
| Tabla 19. | Valor observado de F para la comparación del puntaje del post-test entre grupos 1 y 2..... | 94 |
| Tabla 20. | Descripción de la escala utilizada para comparar las diferencias entre grupos..... | 95 |
| Tabla 21. | Distribución de diferencias de puntajes y valores finales entre Pre-test y Post-test para grupos 1 y 2..... | 96 |
| Tabla 22. | Distribución de puntajes, según valores de la escala de nivel de comprensión conceptual..... | 97 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Descripción de instrumentos utilizados, según momento y grupo..... | 58 |
| Figura 2. Fases del proceso de investigación..... | 64 |
| Figura 3. Distribución de pruebas, según grupos..... | 69 |
| Figura 4. Modelo mental de referencia, construido con criterio experto..... | 78 |
| Figura 5. Comparación de la cantidad de conceptos coincidentes con el modelo experto para estudiantes del grupo 1..... | 86 |
| Figura 6. Comparación de diferencias del puntaje obtenido en la valoración de nociones erróneas en el mapa de estudiantes del grupo 1..... | 87 |
| Figura 7. Comparación de diferencias del grupo 1..... | 88 |
| Figura 8. Comparación de la cantidad de conceptos coincidentes con el modelo experto para estudiantes del grupo 2..... | 90 |
| Figura 9. Comparación de diferencias del puntaje obtenido en la valoración de nociones erróneas en el mapa de estudiantes del grupo 2..... | 90 |
| Figura 10. Comparación de diferencias del grupo 2..... | 91 |
| Figura 11. Comparación de diferencias generales para los grupos 1 y 2..... | 96 |
| Figura 12. Itinerario de aprendizaje de la unidad didáctica utilizada en la intervención educativa..... | 99 |

Capítulo 1

Planteamiento del problema

El propósito de este capítulo es definir y presentar el problema de investigación. Se presenta dividido en siete secciones: en la primera se enuncian los antecedentes del problema por ser investigado, en la segunda se define el problema propiamente dicho, en la tercera se indican las hipótesis que se propusieron para el estudio, en la cuarta se establecen los objetivos general y específicos que guían la investigación, en la quinta se justifica la importancia de realizar e tipo de estudio propuesto, en la sexta se enuncian los alcances y las limitaciones encontrados en el trabajo; y en la última se definen los términos clave que permiten entender la acepción vinculada con esta investigación.

1.1. Los antecedentes del problema

En este estudio interesó investigar tanto los modelos mentales sobre el concepto biodiversidad que los estudiantes traen al aula, como los que construyen como resultado del proceso de enseñanza – aprendizaje con la mediación de un hipermedia educativo como recurso didáctico.

La necesidad de explicar si se producen o no cambios o progresiones entre el modelo previo y el reelaborado posterior a la intervención educativa, se motivó por la posibilidad de dar sentido a la mediación pedagógica que realizan el profesor de ciencias, los materiales y los recursos de aprendizaje que se utilizan como herramientas culturales mediadoras de la acción educativa.

Actualmente se sabe que el desarrollo de competencias para la adquisición de conocimientos y para la interacción con el mundo natural, son deseables en los

procesos formativos de las generaciones jóvenes. La habilidad para interactuar con el mundo físico, la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos, se listan como indispensables. En este sentido, la enseñanza-aprendizaje de las ciencias cobra relevancia y supera la simple transmisión de información válida científicamente, enfocándose en el logro de la comprensión de la ciencia para la vida.

Desde una perspectiva teórico-práctica, la teoría de los modelos mentales propuesta por Johnson-Laird (1994), postuló el poder explicativo que éstos tienen de las maneras en que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo, sirviendo de base para la formación de las competencias.

Como una teoría constructivista en sentido amplio, esta teoría no sólo reconoce la actividad del sujeto en la construcción de modelos mentales, sino también en el proceso de construcción de la realidad que los modelos representan, lo que otorga un papel decisivo al sujeto como constructor de representaciones mentales internas.

La idea de que esos modelos mentales de los estudiantes no son fijos, sino que son susceptibles de modificación, da sentido a la acción mediada del acto educativo. Por eso, el estudio y la comprensión de la posibilidad de ocurrencia del cambio cognitivo, así como el proceso que sigue ese cambio, son básicos para diseñar la currícula y para ejercer la tarea docente.

La teoría del cambio cognitivo no está para nada clara en la literatura y en la investigación sobre el tema. Desde su aparición, la teoría del cambio conceptual fue muy influyente y ampliamente aceptada, pero en los últimos años se ha visto que carece de

evidencias efectivas para comprobar la ocurrencia de cambio en los alumnos. Los estudios más bien indicaron que los estudiantes no abandonan sus concepciones previas y las continúan usando mayoritariamente en los contextos cotidianos (Duit, 1994).

Los estudios empíricos suelen describir en sus resultados una persistencia de concepciones “viejas”, “erróneas” o “alternativas” en los aprendices, aún después de una intervención educativa. Esto puede resultar perturbador y desalentador para muchos docentes e investigadores.

El hallazgo anterior motivó la necesidad de seguir investigando en este campo, sobre todo desde el enfoque propuesto por Vosniadou (1994), quien interpretó el cambio conceptual como una modificación progresiva de los modelos mentales que la persona tiene sobre el mundo físico, conseguido por medio del enriquecimiento, lo cual implica la adición y revisión de informaciones contenidas en las estructuras conceptuales existentes. Lo anterior supone cambios tanto en las creencias y los presupuestos individuales, como en la estructura relacional de una teoría. Este aspecto se consideró fundamental para los contextos educativos, ya que permite determinar, en algún modo, la incidencia del acto intencional de la enseñanza sobre el proceso de aprendizaje.

Asimismo, en el área de investigación sobre las potencialidades de los recursos de hipermedia educativo, se indicó que el aprendizaje, particularmente con sistemas de hipertexto, no siempre ha resultado más efectivo que con los recursos tradicionales. Algunos trabajos experimentales han puesto de relieve una serie de limitaciones en su empleo (Chen y Rada, 1996, Shapiro, 1998).

Por lo general, las limitaciones fueron asociadas a dificultades en el acceso y la navegación dentro del sistema (Jonassen, 1988). En las investigaciones se destacó el

peligro de que los estudiantes se pierdan en las redes hipertextuales y/o que no sean capaces de dirigir la navegación teniendo en cuenta sus propias metas de aprendizaje. También se mencionó que pueden dispersarse en la red y pasar de una página a otra, sin seguir un orden óptimo de lectura, obviando las relaciones semánticas de los enlaces (Rouet, 1996). Lo anterior se traduce en un tiempo infructuoso de aprendizaje.

Otra cuestión muy importante es la que señaló Jonassen (1988), quien explicó el problema que supone para los aprendices la integración de nueva información a la propia estructura de conocimiento. Aprender de modo significativo implica, entre otras cosas, poder establecer relaciones entre los conocimientos previos y los nuevos contenidos, proporcionándoles una organización conceptual interna, que dé lugar a sucesivas reestructuraciones, mediante un proceso de construcción dinámica. Ahora bien, si la nueva información que provee el recurso de aprendizaje presenta una estructura sumamente flexible y una organización conceptual muy compleja o muy exigua, estos procesos pueden resultar más difíciles.

No es extraño, entonces, que se haya señalado que el aprendizaje con este tipo de recursos supone mayores demandas cognitivas y que puede ocasionar una sobrecarga a la persona que los usa (Jonassen, 1988; Jonassen y Grabinger, 1990). Por ejemplo, es necesario acomodarse a los distintos formatos de presentación de la información; recordar la localización en la red, tomar decisiones sobre donde ir a continuación y tener presente el recorrido realizado, así como reconstruir la coherencia global que se encuentra fragmentada. Es decir, que a los procesos cognitivos necesarios para aprender, se les suma el esfuerzo adicional que supone controlar y regular los procedimientos de

navegación y comprensión hipermedia. Todo ello puede llegar a producir "una indigestión cognitiva" como cita Dede, en Jonassen y Grabinger, 1990.

El interés por estos fenómenos se motivó al considerar los resultados difundidos por la investigación educativa que intenta señalar alguna incidencia del uso de recursos hipermedia en contextos de aprendizaje escolar. Por ejemplo Najjar (1996), sostuvo que mucho del sustento de la valoración positiva del uso de los recursos de hipermedia en la educación obedecía más a opiniones particulares y a la aceleración de los cambios tecnológicos, que a resultados científicos que comprobaran su eficacia.

La mayoría de los estudios mostró una incidencia positiva del trabajo con ese tipo de medios en la motivación de los estudiantes, pero muy poco y de manera incipiente, en su efectividad de aprendizaje. Por eso interesó indagar la mediación cultural que pueden hacer en el aprendizaje de un concepto tan relevante como el de biodiversidad.

1.2. El problema de investigación

De acuerdo con el contexto y los antecedentes expuestos de la investigación, se asumió que los modelos mentales de los estudiantes eran fundamentalmente útiles, pero no necesariamente verdaderos desde el punto de vista científico. Se argumentó que pensar sobre y en términos de una teoría científica requería de la construcción de modelos de las entidades y los procesos involucrados.

En ese sentido, el estudio de la estructura y del contenido de las formas usadas por los estudiantes para representar internamente los conceptos científicos, ha sido un núcleo importante de investigación tanto para la Psicología Cognitiva, como para la Didáctica de las Ciencias.

Particularmente el constructo “modelo mental” como la forma representacional propuesta por la Psicología Cognitiva, ha recibido la preferencia de los investigadores para revisar los procesos de aprendizaje y de enseñanza de las Ciencias, según los principales estudios publicados en revistas científicas del área, (Krapas, S., Queiróz, G., Colinvaux, D. y Franco, C., 1997).

Lo anterior resultó relevante para este estudio, ya que actualmente se asume que las personas no aprenden el mundo en forma directa, sino que lo hacen a partir de las representaciones que ellas construyen en la mente. Del mismo modo ocurre con las teorías científicas, al ser estructuras representacionales que están referidas a determinados estados de las cosas en un mundo ideal y no en una realidad concreta, aunque puedan aplicarse a ella.

Desde la perspectiva anterior, la educación en general y la enseñanza – aprendizaje de las ciencias en particular, consideran que los estudiantes no son sujetos pasivos en el proceso de aprendizaje, sino que son activos constructores de su conocimiento, de tal forma que aprender ciencias y los conceptos científicos, implica que ellos sean capaces de recrear las teorías que aprenden como sistemas internos de representación de conceptos relacionados, y no como simples listas de definiciones, hechos y fórmulas con las cuales las teorías se representan externamente.

A pesar de que algunas disciplinas como la Psicología y las Ciencias Cognitivas han provisto insumos importantes para comprender la incidencia de las formas de estructuración, las representaciones y los modelos mentales en los procesos de enseñanza-aprendizaje, éste sigue siendo un tema estudiado y considerado por los investigadores y los psicólogos, pero no así por los educadores.

Atendiendo el contexto anterior, esta investigación se interesó por estudiar cómo se produce el cambio del modelo mental relacionado con un concepto científico específico, cuando el proceso de aprendizaje se apoya en un recurso didáctico hipermedia que funciona como herramienta mediadora.

La investigación articuló un cuerpo teórico –práctico para explorar el cambio en el modelo mental como resultado de una intervención educativa con un hipermedia educativo y se orientó con la formulación de la siguiente pregunta:

¿Cómo el aprendizaje mediado por el hipermedia educativo Dosel en las Nubes, cambia el modelo mental sobre el concepto biodiversidad que tienen los jóvenes de noveno año de Educación General Básica?

1.3. Hipótesis

Para este estudio se propuso una hipótesis de investigación para efectuar el análisis general de las pruebas estadísticas que fueron aplicadas al conjunto de datos. Asimismo, se plantearon algunas hipótesis específicas para analizar cada prueba estadística, las cuales se describen en el apartado “Análisis de resultados”.

1.3.1. Hipótesis nula. H_0 : No hay diferencia entre el modelo mental del concepto “biodiversidad” de los estudiantes antes y después de la intervención educativa.

($H_0: \mu_2 - \mu_1 = 0$).

1.3.2. Hipótesis alternativa. H_1 : El modelo mental de los estudiantes antes y después de la intervención educativa es diferente. ($H_1: \mu_2 - \mu_1 \neq 0$).

De acuerdo con la proposición de las hipótesis anteriores se trabajó con las variables involucradas en su formulación.

Variable dependiente. La variable por ser medida y explicada en este estudio fue la diferencia presentada en el modelo mental de los estudiantes respecto al concepto “biodiversidad”, el cual se comparó con el modelo previo representado antes de iniciar la intervención educativa con la mediación del hipermedia educativo.

Particularmente en esta investigación se discutió el concepto de cambio cognitivo, por no estar resuelto en la literatura y la investigación sobre el tema, y se adoptó la idea de cambio como progresión, en lugar de asumirlo como transformación de una cosa en otra completamente diferente. En este sentido, la progresión pudo observarse y medirse al establecer primero un modelo referente construido con criterio de experto con el cual se compararon tanto el modelo mental previo, como el modelo construido por los estudiantes después de la intervención educativa. El modelo referente amplió la observación de los cambios y progresiones. Asimismo, permitió trascender la simple medida representada por el puntaje obtenido en el pre-test y el post-test.

En este caso el referente no constituyó un modelo de verdad, sino un parámetro informado científicamente que permitió valorar y medir la cercanía/lejanía del modelo mental de los estudiantes, respecto a los conocimientos que la cultura sistematizada posee sobre el concepto “biodiversidad”. La medida se construyó con base en tres factores: a) el puntaje obtenido en una prueba de conocimientos, b) los resultados obtenidos en la elaboración de los mapas conceptuales, y c) la medida de las diferencias observadas en ambos procedimientos.

La comparación también permitió analizar en qué medida los estudiantes se apegaron o no a los modelos sugeridos por el experto, o qué tanto la necesidad de comprensión y explicación llevó a los estudiantes a crear nuevos modelos, también

informados científicamente, poniéndose en evidencia el carácter dinámico de los modelos mentales.

Variable independiente. La variable que se manipuló fue la intervención educativa con el hipermedia educativo. Se utilizó Dosel en las Nubes como entorno digital de aprendizaje con recursos hipermedia que apoyó tanto la intervención mediada por el profesor, como una experiencia de auto-aprendizaje de los estudiantes.

En el diseño y desarrollo de Dosel en las Nubes se utilizó el criterio experto y el conocimiento provisto por la investigación en eco-fisiología como disciplina científica específica dentro de la biología integrativa.

1.4. Objetivos de investigación

Como objetivo general la investigación fue determinar cómo el aprendizaje mediado por el hipermedia educativo Dosel en las Nubes cambia el modelo mental sobre el concepto “biodiversidad” de los jóvenes de noveno año de Educación General Básica del Colegio de Orosi.

En el estudio se propusieron los siguientes objetivos específicos: 1) Analizar los cambios en los conceptos y las relaciones conceptuales subyacentes al modelo mental de los estudiantes sobre el concepto “biodiversidad”, antes y después de la intervención educativa. 2) Analizar si existe o no diferencia significativa entre el modelo mental previo sobre biodiversidad y el construido posteriormente a la intervención con el hipermedia educativo. 3) Evaluar algunas implicaciones pedagógicas y didácticas del trabajo con modelos mentales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de Ciencias. 4) Evaluar algunas implicaciones pedagógicas y didácticas de los recursos de hipermedia educativa en el aprendizaje de conceptos científicos.

1.5. Justificación de la investigación

Investigaciones como la propuesta son relevantes al menos en tres aspectos comprensivos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia: el cambio o progresión cognitiva de los estudiantes, los procesos de mediación pedagógica de los profesores y el diseño de materiales y recursos de aprendizaje.

Desde la perspectiva del cambio cognitivo, este tipo de investigación es muy útil para comprender la progresión de los modelos mentales que los estudiantes traen al aula y la forma en que los depuran o renuevan como resultado de la acción mediada de enseñanza – aprendizaje. En el campo de las ciencias eso es fundamental, ya que esos modelos no son necesariamente veraces desde el punto de vista científico y a pesar de que la ciencia no es un conocimiento estable, una responsabilidad de la escuela es apoyar la comprensión de los conceptos, métodos, valores y formas de comunicación que la cultura sistematizada construye y usa para mejorar el quehacer humano.

Entonces, esta investigación fue relevante para comprender la potencialidad de la teoría de los modelos mentales como recurso para estudiar los procesos de construcción y elaboración conceptual de los estudiantes, lo que puso de relieve su importancia como recurso teórico – práctico de investigación en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Asimismo, estudios como el propuesto, tienen una orientación didáctica y tratan de apuntar implicaciones y recomendaciones en dos sentidos: para el diseño curricular en la enseñanza de las ciencias y para la mediación pedagógica que se requiere para apoyar los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Lo anterior supuso explorar los

conocimientos previos de los estudiantes y el cambio cognitivo producido por la actividad intencional de enseñanza-aprendizaje.

También es importante mencionar que con estudios de este tipo se discute cómo los modelos mentales de los expertos que elaboran las teorías y los materiales de aprendizaje y los de los mismos profesores, afectan el proceso de enseñanza y pueden tener algún impacto significativo en los modelos que construyen los estudiantes. Particularmente eso es importante en esta época en la cual los materiales de aprendizaje digitales se crean y se distribuyen fácilmente por las redes y los medios electrónicos, por lo que están al alcance de los aprendices y orientan incluso sus procesos de auto-aprendizaje.

1.6. Limitaciones y alcances de la investigación

1.6.1. Limitaciones. Por el tipo de diseño definido, las limitaciones de esta investigación fueron preponderantemente de naturaleza metodológica. En ese sentido el diseño cuasiexperimental con aplicación de pretest y de posttest, propuesto para conducir la investigación, presentó las limitaciones típicas atribuidas a la dificultad de derivación de resultados y a la validez que tienen estos diseños, respecto a los experimentos propiamente dichos.

La imposibilidad de control y asignación aleatoria de sujetos también presentó dificultades para explicar la posible variancia en los modelos mentales. No obstante, la condición exploratoria del estudio encontró útil esa forma de aproximación al objeto de conocimiento. También se encontró una limitación práctica, proveniente del uso del hipertexto. Como es sabido, este tipo de recursos presenta los contenidos de aprendizaje de modo distribuido y ello puede generar una sobrecarga cognitiva mayor

respecto a los que lo presentan de manera lineal (Spiro, R. y Jehng, J., 1990). Por lo que esa condición pudo afectar el resultado de aprendizaje y deberá ser indagada y considerada al evaluar los resultados de la investigación.

1.6.2. Alcances. De modo independiente al diseño de investigación, la indagación del modelo mental previo de los estudiantes respecto a la biodiversidad, puede ser extrapolada a una población mayor. Asimismo, puede ser validada con sujetos diferentes en el mismo grupo de edad.

La primera medida del modelo mental, contrastada con el modelo experto, es muy útil para describir y explicar cómo los estudiantes entienden la biodiversidad y, por tanto, es un recurso teórico-práctico para orientar algunos procesos de mediación pedagógica en profesores de ciencias.

1.7. Definición de términos

Por el uso frecuente que tienen los términos modelo mental, cambio cognitivo e hipermedia educativo, se consideró pertinente su definición en la acepción en la cual son comprendidos y asumidos en esta investigación.

1.7.1. Modelo mental. En el estudio se acogió en enfoque y concepto de modelo mental expuesto por Johnson-Laird y Byrne (2000), para quien los modelos mentales son “esquemas de memoria de trabajo temporal establecidos para realizar tareas inmediatas de razonamiento como son las inferencias de proposiciones”.

Los modelos mentales permiten explicar la generación de inferencias deductivas sin necesidad de activar reglas formales de inferencia, sino mediante un procedimiento semántico de construcción y evaluación de modelos basados en el significado de las premisas. Según esto, el razonamiento humano está más preocupado con la verdad de las

condiciones en el mundo (semántica) que con su forma lógica (sintaxis). El argumento que se esgrime es que las personas no razonan usando reglas abstractas, sino que construyen y combinan modelos mentales y generan inferencias consistentes con estos modelos. Así, los modelos están basados en las premisas dadas y en el conocimiento semántico general incluyendo el significado de cuantificadores y conectores (estas son palabras o conjuntos de palabras que sirven para indicar cantidad o para unir unas oraciones con otras o partes de éstos).

Los modelos consisten en señales simbólicas que representan las propiedades de entidades y preservan las relaciones entre entidades. Estos modelos son esencialmente situaciones imaginadas que representan las condiciones verdaderas de las proposiciones, pero no se adoptan para asumir una forma particular (perceptual, proposicional, etc.); sino que lo que importa es la estructura de los modelos.

1.7.2. Cambio cognitivo. Se presumió que los modelos mentales eran sensibles al cambio. No obstante, se encontró que falta acuerdo en la literatura y la investigación sobre qué es y cómo se produce el cambio cognitivo. Para algunos autores el cambio es radical y consiste en la transformación de las estructuras de conocimiento en unas distintas. Para otros el cambio es más bien una progresión y refinamiento de los modelos mentales. Para otros es imposible pensar en cambio, dado que los modelos persisten en el tiempo de manera invariable. Por ejemplo Duit (1994) arguye que los estudiantes no abandonan sus concepciones previas y continúan usándolas mayoritariamente en los contextos cotidianos.

Este estudio se apoyó en los supuestos de Vosniadou (1994), Pozo (1999), y otros investigadores neo-piagetianos que asumen el cambio del modelo mental como

progresión. Particularmente Vosniadou (1994), interpretó el cambio conceptual como una modificación progresiva de los modelos mentales que la persona tiene sobre el mundo físico, conseguido por medio de enriquecimiento, el cual implica la adición y la revisión de las estructuras conceptuales existentes. Ello supone cambios en las creencias, los presupuestos individuales o en la estructura relacional de una teoría. Por su parte Pozo (1999), propuso el cambio conceptual en términos de la explicitación creciente de las representaciones y los procesos de los que la persona no es consciente.

En las ideas de ambos autores converge en el concepto de cambio conceptual como la sustitución de una concepción por otra diferente y no como la identificación de limitaciones o campos de validez de la vieja concepción y la aceptación de plausibilidad y eficiencia de la nueva. En este sentido el cambio es visto como progresión o enriquecimiento de un modelo anterior.

1.7.3. Hipermedia educativo. El término hipermedia surge de la fusión de los conceptos: hipertexto y multimedia. De acuerdo con Caridad y Moscoso (1991) se entiende así a la *"Organización de información textual, visual gráfica y sonora a través de vínculos que crean asociaciones entre información relacionada dentro del sistema"*.

Según Jonassen (1989) y Ralston (1991), el término multimedia es redundante, ya que el término "media" es en sí un plural, por lo que consideran más adecuado referirse a hipermedia en vez de multimedia, cuando se utilizan recursos que combinan los hipertextos con los textos, los gráficos, la animación, el sonido y/o el vídeo.

Cuando un hipermedia tiene la vocación de apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje, se le atribuye la calificación de educativo. En ese sentido, al igual que ocurre con el hipertexto, lo fundamental del hipermedia es que ofrece una red de

conocimiento interconectado por medio de la cual un aprendiz o estudiante se mueve y establece rutas o itinerarios no secuenciales de aprendizaje.

El hipermedia el aprendizaje con frecuencia es guiado por la exploración incidental del aprendiz, quien es el responsable de descubrir e integrar el conocimiento. (Jacobs, 1992; Horney, 1993). Esta potencialidad del hipermedia de apoyar el aprendizaje por descubrimiento es una de sus principales características didácticas, pero también constituye uno de sus principales riesgos, ya que no siempre el aprendiz es capaz de integrar el conocimiento por sí solo.

1.7.4. Biodiversidad

La biodiversidad es un concepto fundamental, complejo y general, que abarca todo el espectro de organización biológica. Los múltiples elementos que componen el concepto y sus variados significados suelen generar confusión limitando su comprensión.

En la actualidad se define la biodiversidad como toda variación de la base hereditaria en todos los niveles de organización, desde los genes en una población local o especie, hasta las especies que componen toda o una parte de una comunidad local, y finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo (Wilson, 1997). Abarca, por tanto, todos los tipos y niveles de variación biológica.

A pesar de que las personas interactúan con la diversidad biológica de manera cotidiana y en numerosas formas, el significado biodiversidad no ha creado imágenes suficientemente claras en los distintos sectores y grupos sociales; sus implicaciones no

han sido comprendidas en toda su magnitud y su manejo es confuso. Esto se debe, en parte, a que la biodiversidad es un concepto complejo, que trasciende los niveles de vida.

Capítulo 2

Marco Teórico

En el caso de esta investigación interesó la profundización de los términos conectados directamente con las dos variables expuestas en el problema de investigación: el aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental asociado al concepto biodiversidad. Para dar soporte teórico y conceptual a ambas variables se revisaron tanto los enfoques y las teorías que ayudaban a comprenderlos y a dimensionarlos en el contexto de la investigación, como también algunos estudios e investigaciones empíricas que facilitaban su acercamiento metodológico y práctico.

El capítulo está dividido en cinco secciones, cada una de las cuales profundiza uno de los temas que permitirán entender la teoría que subyace a las definiciones metodológicas y procedimientos de este estudio: en la primera se introducen los modelos como formas particulares de representación mental, en la segunda se define el concepto de modelo mental que se seleccionó para sustentar el estudio y se describen algunas de sus características más sobresalientes. La tercera sección establece un diálogo entre los conceptos y teorías relacionadas con los modelos mentales y con el cambio conceptual. La cuarta sección revisa cómo la teoría de los modelos mentales ha estado presente en la investigación de la enseñanza de la Ciencia y, finalmente, la quinta sección presenta las tendencias de investigación sobre hipermedia que resultan vinculantes con el presente estudio.

2.1. Los modelos mentales como una forma particular de representación mental

El concepto de modelo mental que fundamentó este trabajo es el que propuso Johnson-Laird (1983) y para introducirlo se revisó primero la definición de representación mental, dado que se asumió, en términos amplios, que un modelo mental es una forma representacional.

Con respecto a las representaciones, se pudo comprobar la existencia de una variedad de definiciones que respondía a diferentes abordajes teóricos. Tal como sugiere Riviére (1987), dentro de la definición de representación mental se pueden incluir, las operaciones y estructuras referidas por los miembros de la Escuela de Ginebra, las representaciones proposicionales de Physylyn, las imágenes mentales de Kosslyn o Schepard, los esquemas de Rumelhart, los scripts de Chunk y Abelson, los sistemas de producción de Anderson, los modelos mentales de Johnson-Laird, las representaciones de nivel implícito y explícito de Karmiloff-Smith, las representaciones icónicas y simbólicas de Bruner, los subsumidores de Ausubel y los signos e instrumentos de Vigotsky.

En la literatura cognitiva suele definirse la representación como cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa alguna cosa que es típicamente algún aspecto del mundo exterior o del mundo interior imaginado en su ausencia.

Se distinguen representaciones mentales analógicas y proposicionales. Las imágenes y los modelos son considerados como representaciones analógicas, mientras las representaciones proposicionales se definen como el lenguaje de la mente. En este caso a pesar de ser representaciones “tipo-lenguaje”, se trata de un lenguaje no

consciente, también llamado “mentalés” que no está constituido por frases en un cierto idioma, sino que están expresadas en un “código de máquina” propio de la mente.

A pesar de la distinción anterior, se encontró que existe una polémica en la literatura. Para algunos como Pylyshyn (1973), la cognición debe ser analizada exclusivamente en términos proposicionales y no hay necesidad de considerar las imágenes como un tipo especial de representación mental, dado que la mente traduce todo al código de su propio lenguaje, inclusive las imágenes.

Otros como Paivio (1971), sostienen que las imágenes tienen identidad propia y que son un tipo separado de representación interna. Para los investigadores que apoyan esta última posición, la cognición no puede ser reducida al mentalés, sino que postulan que existen otras clases de informaciones, como las relacionadas con cuestiones geométricas, que necesariamente deberían ser procesadas en otro formato.

Se suma a esta disyuntiva la alternativa propuesta por Johnson-Laird (1996), quien esbozó una tercera forma de constructo representacional que denominó “modelos mentales”. Para este investigador se puede hacer referencia al menos a tres tipos de representaciones mentales: representaciones proposicionales (cadenas de símbolos), modelos mentales (análogos estructurales del mundo) e imágenes (perspectivas de un modelo mental), todas ellas necesarias para poder explicar las maneras en las que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

En la literatura sobre el tema se logran identificar dos enfoques en el estudio de los modelos mentales. El primero se centra en las características del conocimiento y los procesos que apoyan la comprensión y el razonamiento en áreas ricas de conocimiento

(razonamiento aplicado al dominio específico). El segundo se centra en estudiar los modelos como constructos de memoria de trabajo que apoyan el razonamiento lógico. En segunda tendencia se localiza el pensamiento de Johnson-Laird y Byrne (2000), para quien los modelos mentales son esquemas de memoria de trabajo temporal establecidos para realizar tareas inmediatas de razonamiento como son las inferencias de proposiciones.

2.2. Concepto y aspectos característicos de los modelos mentales, según Johnson - Laird

El concepto de modelos mentales ha sido abordado por diferentes autores en la Psicología Cognitiva (Johnson-Laird, 1983, 1990, 1994, de Kleer y Brown, 1983, Norman 1983, Eisenck y Kaene, citado en Moreira, 1996) y aplicado por otros en estudios tendientes a comprender mejor la manera en que los estudiantes aprenden la ciencia, (Rodríguez Palmero y Moreira, 1999; Greca y Moreira, 1996a; Greca y Moreira, 1996b).

Particularmente la teoría de los modelos mentales surgió como una alternativa a las teorías sobre el razonamiento humano. Johnson-Laird (1994), postuló al menos tres tipos de representaciones mentales: representaciones proposicionales (cadenas de símbolos), modelos mentales (análogos estructurales del mundo) e imágenes (perspectivas de un modelo mental), todas ellas necesarias para poder explicar las maneras en las que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

Esta teoría permitió explicar la generación de inferencias deductivas sin necesidad de activar reglas formales de inferencia, sino mediante un procedimiento semántico de construcción y evaluación de modelos, desde el significado de las premisas.

En este sentido, el razonamiento humano está más preocupado con la verdad de las condiciones en el mundo (semántica) que en su forma lógica (sintaxis). El argumento es que las personas no razonan usando reglas abstractas, sino que construyen y combinan modelos mentales, y generan inferencias consistentes con estos modelos. Los modelos se basan en las premisas dadas y en el conocimiento semántico general que incluye el significado de cuantificadores y conectores, como palabras o conjuntos de ellas que sirven para indicar cantidad o para unir unas oraciones con otras o partes de éstas.

De acuerdo con Johnson-Laird (1987), en lugar de una lógica mental, tal como se ha propuesto por distintas escuelas psicológicas como la piagetiana, las personas utilizan modelos mentales para razonar. Estos son bloques cognitivos que pueden ser combinados o recombinados conforme sea necesario, que incluyen tanto el estado de las cosas, como las conclusiones a las que se llega con su uso.

La investigación en este campo se fundamentó en la premisa que sostiene que la representación mental de la persona puede inferirse de sus comportamientos y verbalizaciones, pero advierte su dificultad dado que la mayoría de las veces las personas no son conscientes de sus modelos y otras veces dan explicaciones de lo que hacen tratando de identificarse con la persona que hace el cuestionamiento.

Desde las teorías representacionales se ha afirmado que la mente consiste en representaciones internas, pues los sujetos no captan el mundo exterior directamente

sino que construyen representaciones internas de éste; que el comportamiento de una persona es mejor explicado en términos del contenido de su mente; es decir, en términos de sus conocimientos y creencias independientemente de cualquier mecanismo mental.

A partir de la formulación de este tipo de teorías denominadas no-racionalistas como la Teoría de los Modelos Mentales para el Razonamiento de Johnson-Laird, es que se estableció que el razonamiento humano se produce de modo analógico y no lógico. Este planteamiento sugirió un abandono del ideal logicista del sujeto cognitivo, (Riviere, 1987).

En contraste con el ideal logicista, Johnson-Laird planteó la necesidad de considerar el carácter preponderantemente analógico del pensamiento y postuló que el sistema cognitivo puede tener un desempeño lógico sin utilizar ninguna regla lógica en el proceso de inferencia. Este abordaje estableció también diferencias con los postulados piagetianos, y puso relevancia en los aspectos figurativos o analógicos del pensamiento, sobre los lógicos.

Si los modelos mentales son análogo-estructurales, ello quiere decir que se componen de elementos y relaciones que representan de manera análogo-estructural un estado específico de cosas. Así las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas que ellos representan. Cada elemento y cada relación estructural de un modelo mental tienen un papel simbólico, porque todas tienen una función o un significado. Esta propiedad de ser análogo-estructural permite que frente a una determinada situación, los elementos que son elegidos para interpretarla, así como las relaciones percibidas o concebidas entre ellos, determinen una representación interna que actúa como sustituto de esa situación.

Johnson-Laird (1996) denominó a esos elementos y relaciones básicos constitutivos de los modelos mentales como “primitivos conceptuales”. Ellos se caracterizan por ser innatos y estar organizados en una cierta estructura de proposiciones, imágenes o ambas.

Consideró a la percepción como la fuente primaria de los modelos mentales, pero reconoció que éstos también podían originarse en la imaginación. Eso implicó considerar que exista una correspondencia biunívoca de dependencia para la construcción de los modelos mentales que puede describirse de dos modos. Primero, que el discurso, su interpretación y los estímulos externos que se perciben contribuyen con la construcción de los modelos mentales. Segundo, que esa interpretación del discurso y los estímulos externos percibidos dependen de los modelos mentales que las personas son capaces de construir.

Johnson-Laird (1996) fundamentó empíricamente la existencia de un pequeño número finito de diferentes clases de representación, que incluyen representaciones proposicionales, imágenes y modelos mentales, donde definió que los modelos mentales son finitos en tamaño y no pueden representar directamente un dominio infinito. No obstante, sostuvo que un único modelo mental puede representar un número infinito de posibles estados de las cosas, pues ese modelo puede ser revisado recursivamente.

Una propiedad esencial de los modelos es su no-arbitrariedad estructural, porque son determinados y concretos en el sentido de que representan entidades específicas, no tienen una determinada estructura sintáctica, pero sí poseen una estructura que desempeña un papel representacional directo, pues es análoga al correspondiente estado de cosas del mundo.

En ese sentido, la teoría de los modelos mentales es una teoría constructivista en sentido amplio, no sólo por reconocer la actividad del sujeto en la construcción de modelos mentales, sino que otorga un carácter estructurante a la realidad representada por los modelos. Así, de algún modo, lo real está presente en el modelo al establecer su carácter analógico. Esta característica le otorga un papel decisivo al sujeto como constructor de representaciones mentales internas.

La recursividad es otra característica fundamental que apoya la comprensión de la forma en que se construyen los modelos mentales. Se asume que cada nueva descripción de un estado de cosas puede implicar la revisión del modelo para incorporarla.

Esta característica de los modelos mentales se refiere principalmente a los modelos contruidos a partir del discurso, ya que éste es siempre indeterminado y compatible con muchos estados de cosas diferentes. Para perfilar eso la mente construye un modelo inicial y lo revisa recursivamente conforme sea necesario.

La recursividad es una especie de estrategia que posibilita la transformación, enriquecimiento y evolución del modelo a través de la interacción permanente con situaciones y/o problemas.

Otra característica de los modelos mentales es su condición de re-uso o descarte. En este sentido se atribuye la funcionalidad como una condición inherente a los modelos, dado que le permite al sujeto detectar si existe o no correspondencia entre las predicciones generadas por el modelo y los eventos externos a los que se enfrenta.

La funcionalidad permite que los modelos mentales sean generados en el momento de ser requeridos y posteriormente sean descartados cuando no sean necesarios cognitivamente, (Moreira, 1996). No obstante, cuando los modelos mentales

construidos resultan útiles al sujeto en diversas situaciones, es posible que todo o parte del modelo sea guardado en la memoria de largo plazo acrecentando así el bagaje de conocimientos del sujeto y se convierte en esquemas de asimilación.

Lo anterior agrega una variable a la comprensión de los modelos mentales, ya que si bien los modelos mentales pueden referirse a estructuras dinámicas y recursivas, inestables e incompletas generadas frente situaciones concretas y situadas en la memoria de trabajo, también pueden ser estructuras estables localizadas probablemente en la memoria de largo plazo.

Según Johnson-Laird (1996), los modelos mentales comparten las siguientes características de construcción: su propósito es comprender y explicar la experiencia, son espontáneos y permiten hacer predicciones futuras; también los modelos mentales están motivados por teorías acerca del mundo en vez de ser derivados de forma empírica por la experiencia.

2.3. Modelos mentales y cambio conceptual

El tema del cambio conceptual es fundamental en la investigación sobre los modelos mentales. Dado que se supone que los modelos son sensibles al cambio, es necesario hacer referencia a la forma en que éste se produce y a su delimitación en el marco de la comprensión de los modelos mentales.

Justamente un presupuesto básico sobre los modelos mentales converge en la idea de que el cambio conceptual no es la sustitución de una concepción por otra, sino el encuentro de limitaciones o campo de validez de la vieja concepción y la aceptación de plausibilidad y eficiencia de la nueva. Con frecuencia el cambio es visto como progresión o enriquecimiento de un modelo anterior.

Vosniadou (1994), interpretó el cambio conceptual como una modificación progresiva de los modelos mentales que la persona tiene sobre el mundo físico, conseguido por medio de enriquecimiento, el cual implica la adición de informaciones a las estructuras conceptuales existentes y revisión, la cual supone cambios en las creencias o presupuestos individuales o en la estructura relacional de una teoría.

Siguiendo esa idea Pozo (1999), asumió el cambio conceptual en términos de la explicitación creciente de las representaciones y procesos de los que la persona no es consciente.

Una perspectiva radical sobre el cambio conceptual la aportó Ausubel (1983), al sostener que el uso de conceptos falsos, por parte de los niños, obedece a su falta de dominio cognoscitivo y al pobre antecedente de su experiencia, así como al cierre conceptual prematuro o a las malinterpretaciones o aceptación acrítica de la información que reciben.

De modo menos radical, la teoría de Vygotsy (1977), planteó una línea ontogénica del proceso de conceptualización, determinando en cada fase y momento el contenido cognoscitivo de los conceptos que forma la persona.

En esta línea más moderada se inscribe la perspectiva piagetana, pues para él la formación de conceptos no se maneja en términos absolutos, sino a través de un proceso, en el cual el concepto verdadero se constituye en una meta por lograr a través de un proceso guiado por el modelo de equilibración.

Piaget consideró que en el proceso de construcción de conceptos los niños pasan por una serie de niveles conceptuales que representan el camino que seguirán para llegar

al concepto verdadero. Estos niveles conceptuales que representan errores constructivos tendrán que ser superados por ellos para poder llegar al concepto verdadero.

Tanto Ausubel, como Vygotsky y Piaget coincidieron en la inscripción de un modelo de cambio por pasos que tuvo como supuesto la creencia en una ontogenia conceptual con una meta predeterminada: el concepto verdadero. Esa idea del concepto verdadero era solidaria con una visión de carácter lógico sobre la aprehensión de la realidad, por lo que se entendió como concepto verdadero aquel que remitía una lógica inclusiva o categorial.

Toulmin (1977), cuestionó esa idea del concepto verdadero al afirmar que ningún sistema de conceptos y/o proposiciones puede ser intrínsecamente racional o pretender una soberanía y una autoridad necesarias sobre nuestra adhesión intelectual.

Para Criado y Cañal (2003), la modificación de un modelo mental se realiza de alguna de las siguientes dos maneras: adaptándolo a las nuevas circunstancias, considerando conceptos completamente opuestos a los utilizados hasta el momento, o bien, trabajando con otros conceptos o parámetros totalmente diferentes que no guardan relación con el modelo primitivo.

En las últimas décadas, la investigación de dos modelos: el del conflicto cognoscitivo y el de Posner (Posner, M.I. y Digirolamo, G.J, 1998), han resultado atractivos para indagar el cambio conceptual. Sin embargo, parece que aún no se tienen progresos importantes tanto para sostener que el cambio conceptual se produce, como para explicar cómo este ocurre.

Desde su aparición, el modelo del cambio conceptual fue muy influyente y ampliamente aceptado, pero en los últimos años se ha visto que es inadecuado. No hay

prácticamente evidencias efectivas de la ocurrencia de cambio conceptual en los alumnos y los trabajos de investigación dirigidos para provocarlo evidencian la enorme dificultad para que éste se. En general los estudiantes no abandonan sus concepciones previas, que continúan usando mayoritariamente en los contextos cotidianos (Duit, 1994).

Los estudios suelen describir en sus resultados una persistencia de concepciones “viejas”, “erróneas” o “alternativas”, lo cual resulta perturbador y desalentador para muchos docentes e investigadores sobre todo cuando la investigación asumió el cambio conceptual como un reemplazo de una concepción por otra en la estructura cognitiva del aprendiz.

Por lo anterior, para algunos investigadores es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo y/o una nueva concepción plausible, inteligible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción alternativa significativa.

Según éstos, cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que las personas hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya tenían. O sea, la concepción se torna más elaborada, o más rica, en términos de significados agregados a ella, o evoluciona sin perder su identidad.

A medida que ocurre el aprendizaje significativo, la concepción se desarrolla y aumenta el nivel de discriminación; no obstante, los significados ya establecidos no son reemplazados o borrados: ellos pueden quedar cada vez menos utilizados, o no utilizados, como significados residuales.

A pesar de las teorías y argumentos esbozados por las aproximaciones del enriquecimiento conceptual, ninguno de los modelos descritos ha alcanzado una aceptación tan masiva como el modelo sustitutivo del cambio conceptual y, a pesar de las críticas recurrentes a la postura del cambio conceptual entendido como reemplazo conceptual del concepto no verdadero hacia el concepto verdadero, continúan haciéndose investigaciones dentro de esa línea. Resultó paradójico que aunque numerosas investigaciones mostraron que no se podía dar el cambio conceptual en la mente del alumno, la expresión ya se encuentra instalada en la literatura y su uso es generalizado.

2.4. Construcción de modelos mentales en la investigación de la enseñanza – aprendizaje de las Ciencias

La potencialidad de la teoría de los modelos mentales para estudiar y comprender los procesos de construcción y elaboración conceptual de las personas, puso de relieve su importancia como recurso teórico – práctico de investigación en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias.

En los estudios referidos a la didáctica de la Ciencia, así como en los que tratan de explicar la construcción conceptual de nociones científicas con frecuencia se hace referencia al análisis de representaciones de carácter analógico, como es el caso de los modelos mentales y las imágenes, (Greca I. y Moreira M., 1996 a; Greca I. y Moreira M., 1996 b; Otero M. R. y Banks Leite L., 1998 b; Otero M. R. y Moreira M. 1999).

De acuerdo con Duit (1994), la razón de este énfasis se soportó en la insatisfacción con los resultados producidos por la investigación de la Enseñanza de las Ciencias, los cuales no logran explicar el cambio conceptual. Eso originó que a partir de la década de

los noventa se enfatizaran las concepciones y métodos alternativos surgidos del referencial teórico de los modelos mentales, como lo abordados por Kleer y Brown, 1983; Young, 1983; Rutherford y Wilson, 1992; Rogers, 1992; Sasse, 1992; Johnson-Laird, P., 1983-1990; y Greca, I.M. y Moreira, M.1997a, 1997b.

En una revisión preliminar de las investigaciones recientes y sus enfoques teóricos y metodológicos, se encontraron dos tendencias de estudio. Primero, los estudios relacionados con los procesos de enseñanza. Estos estudios tienen una orientación didáctica y tratan de apuntar implicaciones y recomendaciones en dos sentidos: para el diseño didáctico en la enseñanza de las ciencias y para la mediación pedagógica que se requiere para apoyar los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Segundo, los estudios que enfocaban el proceso de aprendizaje. En estos también se identifican dos focos de investigación. Por un lado, el interés por estudiar la forma en que se construyen los modelos sobre conceptos o fenómenos científicos y, por otro, los que relacionaban la construcción de modelos mentales con el concepto de cambio, sea éste cambio conceptual o cambio cognitivo, en general.

Se encontró que preponderantemente estos estudios se fundamentan en el concepto de modelo mental acuñado por Johnson-Laird, prestando atención tanto a las verbalizaciones conceptuales, como a la construcción de imágenes representativas de los fenómenos o conceptos estudiados.

Asimismo, se encontró que no existía una predilección por un enfoque metodológico particular, al encontrarse estudios que siguen un método cuantitativo y otros que prefieren el cualitativo o mixto. No obstante, en ambos casos se utilizaron frecuentemente técnicas como la elaboración de imágenes gráficas, la construcción de

mapas conceptuales y la construcción de conceptos a partir de los previos que tienen los estudiantes. Algunos de los estudios se revisan a continuación y se expone el aporte que hacen a la presente investigación.

El trabajo de Gangoso y Buteler (1998) es un ejemplo de caracterización de los modelos mentales de los estudiantes sobre tres situaciones físicas sencillas y las representaciones mentales (modelos mentales) que ellos construyen cuando intentan resolver un problema.

Por su parte Vosniadou (1994), determinó los modelos mentales de los alumnos sobre conceptos tales como Tierra, fuerza, calor, día y noche. Greca y Moreira (1996a y 1996b) trabajaron sobre los conceptos de campo electromagnético, electricidad y magnetismo.

Trabajos sobre los modelos mentales de la célula y su funcionamiento y sobre genética fueron realizados por Rodríguez Palmero y Moreira (1999) y Sigüenza Molina (2000) respectivamente.

Otros temas pertenecientes a la mecánica clásica fueron abordados por Moreira y Greca (1998) y el sistema Tierra-Sol-Luna por Tignanelli (1998).

Recientemente Greca y Herscovitz (2002) abordaron los modelos mentales sobre temas referidos a la mecánica cuántica, caracterizando los núcleos de dichos modelos en cuatro categorías diferentes.

Asimismo, estudios sobre niveles de representaciones mentales de los fenómenos naturales (Galagovsky, et al. 2003), permitieron clasificar los modelos sobre la concepción de materia en los niveles macroscópico, semiparticulado y submicroscópico.

Vistos en detalle por los aportes teóricos y metodológicos que hacen a la presente investigación, se tienen los siguientes:

2.4.1. Estudio publicado en 2010 por Núñez, O.M., y Barría, Cisterna en la Revista de Investigación y Experiencias Didácticas. El objetivo general del estudio fue examinar la formación de profesores de enseñanza media de ciencia utilizando la teoría de enseñanza y aprendizaje basada en Modelos Mentales.

El estudio describió cómo se aplica la Teoría de los Modelos Mentales en la formación inicial del profesor de Ciencias de enseñanza media en la Facultad de Educación de la Universidad de Concepción, Chile. Se trató de un estudio generativo-exploratorio que combinó aspectos cualitativos y cuantitativos para examinar el proceso de formar docentes utilizando la enseñanza y aprendizaje basado en modelos mentales.

En el proceso participaron 30 estudiantes de pregrado de pedagogía en ciencias naturales y química y ciencias naturales y biología. Los estudiantes fueron enseñados en la asignatura de Didáctica III y IV con una “ruta” o *learning pathway* a través de la cual se les ayudó a construir sucesivos modelos de los distintos aspectos que les fueron enseñados.

Los datos fueron colectados entre el segundo semestre de 2008 y primer semestre 2009. A los estudiantes se les aplicó un pre-test y post-test que fue analizado mediante estadística no paramétrica. Además se trianguló la información encontrada con la aplicación de una encuesta de opinión sobre el curso y se examinaron las bitácoras o cuadernos de los estudiantes. Se produjo un grupo de treinta planificaciones de unidades sobre diferentes temas científicos que fueron aplicadas con estudiantes de enseñanza media.

Lo interesante de este estudio fue la discusión que presenta sobre cómo los modelos mentales de los profesores afectan el proceso de enseñanza, aunque no tienen un impacto significativo en los modelos de los estudiantes.

Este resultado fue importante para la presente investigación, ya que una hipótesis de trabajo puede sustentarse en la medida que el modelo mental del experto que elaboró el hipermedio educativo puede tener o no impacto en la construcción que hagan los estudiantes del concepto de biodiversidad.

2.4.2. Estudio publicado en la Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación Científica en 2006. Publicado por Nappa, N., Insausti, M.J., y Singüenza, A. F, sobre las características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las diluciones. El estudio se realizó con 32 alumnos pertenecientes a dos cursos de 5° año de la educación secundaria, en la provincia de San Juan, Argentina. El criterio para la elección de los alumnos fue el rendimiento académico en la asignatura Química Orgánica, eligiéndose los ocho alumnos con mejor rendimiento y los ocho alumnos con más bajo rendimiento académico de cada uno de los cursos.

Se utilizó un instrumento para indagar las predicciones y explicaciones (pictóricas o verbales) de los alumnos, que permitió interpretar el modelo mental del alumno. El instrumento utilizado fue una entrevista *teachback*, basada en la teoría conversacional de Pask. El espíritu de la entrevista fue tratar que el alumno, considerado como experto en un determinado dominio o saber público que ha sido especificado, enseñara al entrevistador de todas las formas posibles lo que sabía respecto del dominio. Los temas sobre los cuales se entrevistó a los estudiantes estaban relacionados con la solubilidad de distintas sustancias.

Al analizar los resultados obtenidos, los investigadores observaron que los modelos mentales generados por los estudiantes presentan ciertas características que fueron agrupadas a posteriori, en: economía en el número de elementos del modelo, distintos grados de abstracción, construcción a partir de ideas previas, modificación en el número de elementos del modelo, modificación en el modelo de trabajo y abandono de tareas.

Hallaron que las primeras tres características siempre se encontraron presentes en los modelos, mientras que las otras tres podían o no estar presentes. Se pudo observar que los estudiantes, en general, trabajaban con modelos sencillos, constituidos por unos pocos elementos, los cuales eran usados en la medida de su predictibilidad; sólo cuando se enfrentaban a situaciones problemáticas en las que el modelo primitivo perdía utilidad y eficacia, era modificado por otro modelo más complejo. Se concluyó que el 60 % de los estudiantes entrevistados modificaron sus modelos cuando estos perdieron su utilidad y poder predictivo.

Este estudio aporta una riqueza metodológica a la investigación que se propone, además de que llama la atención sobre la observación de la utilidad y efectividad predictiva de los modelos, por lo que puede ser un aspecto por profundizar en el diseño de la investigación.

2.4.3. Artículo de la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 N°1. En 2009 Galagovsky, L., Di Giacomo, M. A., y Castelo, V., publicaron un estudio sobre el contraste de uso de modelos y dibujos en la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. Ellas analizaron las explicaciones verbales y gráficas confeccionadas por los educadores para explicar fenómenos de solubilidad, inmiscibilidad y formación

de una emulsión con mezclas de agua, alcohol y aceite. Utilizaron los dibujos como representaciones concretas del lenguaje gráfico, en oposición a las representaciones instrumentales obtenidas por señales provenientes de equipamiento o dispositivos científicos. Trataron de marcar una diferencia fundamental entre el modelo mental y el modelo explícito.

La investigación se realizó con profesores de nivel medio y universitario que participaron de un taller en el que tenían que expresar modelos explicativos sub-microscópicos sobre fenómenos macroscópicos de solubilidad, insolubilidad, y formación de una emulsión con agua, alcohol y aceite. El objetivo del taller fue llevar a los participantes a reflexionar sobre la dificultad de la construcción de modelos explicativos sobre fuerzas intermoleculares y, además, de las complicaciones derivadas de la expresión gráfica de tales modelos.

De manera muy resumida se afirmó que las explicaciones verbales de los docentes siguieron la lógica de la enseñanza tradicional. Es decir, si bien se los invitó a ponerse en el lugar de estudiantes no expertos, los docentes utilizaron conceptos provenientes de la tabla periódica, electronegatividad, densidades electrónicas, dipolos, etc. (al menos en el lenguaje verbal), mostrando la complejidad de sus modelos mentales expertos.

El análisis de los dibujos de los textos mostró la escasa existencia de códigos gráficos para expresar interacciones, excepto la cercanía o aproximación para indicar atracciones más fuertes y la referencia a explicaciones subatómicas (como la deformación de la nube electrónica) para justificar estas fuerzas. Se concluyó que sin los textos aclaratorios estos dibujos aislados no podrían ser considerados modelos; pero aún

con sus textos aclaratorios, la complejidad de cada conjunto es la evidencia que justifica una necesaria diferenciación entre modelos y dibujos.

Esta investigación aporta una llamada de atención acerca de la importancia de combinar representaciones análogas, como es el caso de los modelos y las imágenes, en este caso gráficas, para saturar información acerca de cuáles y cómo los modelos están siendo construidos y son puestos en uso por los aprendices.

2.4.4. Publicación en la versión electrónica de la Revista de Investigación Educativa (REDIE). En mayo de 2008 se publicó un trabajo realizado por Solaz-Portolés, J.J., y Sanjosé, L. V., sobre el conocimiento previo, los modelos mentales y la resolución de problemas, realizado con 85 estudiantes de bachillerato (16 años), pertenecientes a un centro público de educación secundaria de la comarca del Camp de Túria, en Valencia, España. De ellos, 43 estudiaban primero de bachillerato durante el ciclo académico 2001–2002; el resto, lo hacía en el curso siguiente (2002–2003). Todos ellos cursaban la asignatura de Física y Química.

Aplicaron una prueba se pretendía acceder a la estructura semántica de la memoria o estructura cognitiva de los estudiantes con la intención de medir su conocimiento proposicional o conceptual en relación con el tema de modelos atómicos, al momento de iniciar esta experiencia.

Se decidió utilizar una prueba que no necesitara adiestramiento previo, y que dejara a los estudiantes un margen de maniobra relativamente amplio para su ejecución. Se empleó una versión muy simplificada de la propuesta en el trabajo de Hegarty–Hazel y Prosser, proporcionando a los estudiantes una lista de 15 conceptos, previamente elegidos por dos profesores de Física y Química.

Los profesores confeccionaron un mapa de asociación de conceptos con todas las relaciones posibles entre los 15 conceptos (los denominados conceptos internos). Asimismo, se incluyó en la evaluación de la prueba, una lista de ocho conceptos llamados conceptos externos.

El propósito de esta prueba fue evaluar la capacidad de los estudiantes para transferir y aplicar sus conocimientos a contextos o situaciones nuevas. Se elaboró, para esta prueba, un cuestionario abierto de seis ítems sobre modelos atómicos. Se utilizaron dos sesiones. La primera, de 30 minutos aproximadamente y la segunda, de 55 minutos.

Con el estudio los investigadores constataron que cuantos más modelos mentales sea necesario ejecutar, tanto más difícil es la solución de un problema y un menor porcentaje de estudiantes lo resuelven adecuadamente.

Concluyeron que existe una relación inversa entre el número mínimo de modelos implicados en la resolución correcta de un problema y el porcentaje de estudiantes que lo resuelven correctamente, por lo que a mayor cantidad de modelos mentales necesarios en funcionamiento para la resolución de un problema, menor porcentaje de sujetos con resolución acertada. Además, sostuvieron que la existencia de algún ítem cuyos resultados se desviaban de esta tendencia, podía ser atribuible a factores no controlados en el experimento o a la necesidad de los estudiantes de utilizar algún otro modelo mental que no se consideró en este análisis.

Este estudio aportó dos consideraciones importantes a la presente investigación. Primero, la importancia de valorar la carga cognitiva en la cantidad de modelos mentales que se representan en el hipermedia educativo, dado que ese aspecto puede afectar su aprendizaje. Segundo, la poca utilidad que tendría para el estudio apearse a los modelos

que son sugeridos por el experto, en tanto la necesidad de comprensión y explicación conlleva, por parte de los estudiantes, a crear nuevos modelos, poniéndose en evidencia el carácter dinámico de los modelos mentales, siendo este aspecto de diversidad el que puede ser interesante de ser indagado.

2.4.5. Dos estudios publicados en la Revista Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias en 1996 y 2000. El primero, en el volumen 1 de 1996, Greca, I., y Moreira, M.A., publicaron un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de posgrado y físicos profesionales.

Este estudio se condujo con el propósito de investigar en qué nivel de representación mental los estudiantes y los físicos operan con el concepto mencionado cuando resuelven problemas y en cuestiones teóricas.

Trabajaron con los tres grupos: treinta y un (31) estudiantes de ingeniería, siete (7) estudiantes de posgrado de un curso de Física y cinco (5) físicos profesionales. El primer grupo recibió una inducción bajo la modalidad de Plan Keller (Moreira, 1983), donde los estudiantes estudian solos y hacen consultas en el aula conforme avanzan. Este proceso supuso un seguimiento individual dado por el profesor y un grupo de monitores constituido por los estudiantes más avanzados que se acompañaban entre pares. Con el segundo y tercer grupo el trabajo se centró en preguntas sobre el modelo que poseen de campo y la forma en que lo utilizan en los fenómenos físicos que estudian.

El estudio concluyó que 7 estudiantes formaron un modelo de campo electromagnético en contraste con 14 que no lo formaron. De los estudiantes que lograron el modelo, un grupo (A1) trabajaron a partir de un modelo proposicional a

partir de fórmulas y definiciones, mientras otro grupo (A2) logró trabajar con modelos analógicos compuestos por imágenes dibujando líneas de fuerza del campo y este tipo de representaciones gráficas. En los grupos 2 y 3 compuesto por los estudiantes de posgrado y los físicos profesionales se presentaron resultados similares a los de los grupos A1 y A2.

Este estudio aportó pistas metodológicas para la investigación que se realiza. La contrastación entre grupos parece ser una opción interesante para profundizar el tipo de modelos que construyen los estudiantes, sugiriendo la hipótesis de si la plausibilidad de construcción de los modelos es independiente de la madurez cognitiva.

Segundo, el estudio publicado por Rodríguez, L., Marrero, J., y Moreira, M.A., en 2001, sobre la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios aplicados al modelo mental de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria.

La investigación se propuso indagar el alcance y grado de aplicación de la teoría de los modelos mentales en los procesos de aprendizaje, así como identificar el modelo mental de célula en los estudiantes. Se utilizó el estudio de casos como acercamiento metodológico.

El estudio se llevó a cabo con estudiantes entre los 17 y 18 años durante el curso de Orientación Universitaria de 1996 en Tenerife. Las fuentes de datos utilizadas fueron las producciones y verbalizaciones hechas por los estudiantes a lo largo del curso, las cuales se registraron en un cuestionario inicial y final, cinco exámenes escritos, tres mapas conceptuales, la interpretación de un símil sobre la célula, la elaboración de un dibujo referido a la estructura y funcionamiento celular y una entrevista final.

Se analizaron los conceptos, su forma de uso de la cual deriva la capacidad explicativa y predictiva de cada uno, el uso de las imágenes y dibujos, además del uso del discurso y las relaciones entre conceptos de los mapas.

Se encontraron regularidades, coincidencias y categorías comunes entre los modelos de los estudiantes. Se hallaron cuatro modelos mentales y cuatro formas de representación de éstos. El modelo estructural referido a aquel que enfatizó la estructura, pero no el funcionamiento celular. El modelo dual, que construyó un modelo de estructura y otro de funcionamiento. El modelo causal-discursivo, que constituyó un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula y estableció inferencias y deducciones entre estructuras y procesos celulares, así como causalidad. Por último el modelo denominado causal-imagístico, que resulta muy similar al anterior, pero donde la causalidad se explica como una imagen dinámica y compleja a partir de varias imágenes.

Los investigadores corroboraron que los principios de los modelos mentales no son sólo entidades teóricas, sino que son aplicables a la acción. La principal contribución de este estudio es la forma en que trabaja con los diez principios que Johnson-Laird atribuye a los modelos mentales, constituyéndose en guías para rastrear los modelos mentales que los estudiantes construyen a propósito de un concepto o fenómeno científico.

La importante cantidad de trabajos sobre modelos mentales de estudiantes, puso de manifiesto que esta temática se presenta hoy en día como prioritaria en la enseñanza de las ciencias. Conocer las representaciones mentales logradas por los alumnos es tan

importante como comprender los mecanismos mediante los cuales se generan y las características que éstos poseen.

De la revisión de investigaciones empíricas pudo valorarse la dificultad metodológica que subyace al trabajo con la teoría de los modelos mentales. Según el mismo Johnson-Laird, el principio de computabilidad es la garantía de que la teoría no sea vaga o imprecisa, pero para un investigador en enseñanza de las ciencias que trabaje con este marco, es complejo cumplir estrictamente con este principio.

2.5. Aprendizaje mediado e hipermedia educativo

El concepto de aprendizaje mediado tiene su origen en la Teoría Sociocultural de Levy Vygotsky y se operacionalizó a través de la llamada Zona de Desarrollo Potencial. De acuerdo con Vygotsky, el sujeto actúa sobre la realidad para adaptarse a ella transformándola y transformándose a sí mismo a través de unos instrumentos psicológicos denominados "mediadores". Este fenómeno de mediación instrumental se realiza a través de "herramientas" (mediadores simples, como los recursos materiales) y de "signos" (mediadores más sofisticados, siendo el lenguaje el signo principal).

En ese marco la actividad de aprendizaje es una inter - actividad, es decir, un conjunto de acciones culturalmente determinadas y contextualizadas que se llevan a cabo en cooperación con otros.

El término hipermedia surgió de la fusión entre los conceptos: hipertexto y multimedia. Los sistemas de hipermedia se entienden como la "organización de información textual, visual gráfica y sonora a través de vínculos que crean asociaciones entre información relacionada dentro del sistema". (Caridad y Moscoso, 1991).

Se reconoció como hipermedia educativo al recurso específico, cuya vocación se orienta al apoyo de experiencias de aprendizaje en el contexto educativo.

En la investigación sobre el tema se encontraron dos tendencias de estudio. Los estudios sobre hipertextos y los estudios sobre multimedia. La mayoría de estos trabajos de investigación se localizaron en el contexto norteamericano con estudios provenientes de disciplinas como las ciencias cognoscitivas, incluidas la lingüística y la informática, así también en la arquitectura de software y algunos en el ámbito educativo.

Por lo general, las investigaciones buscaron establecer comparaciones entre la multimedia y otros materiales educativos, como por ejemplo, los libros de textos tradicionales. Asimismo, trataron de averiguar cuáles de sus características estructurales y técnicas eran más propicias para determinadas tareas de aprendizaje y las implicaciones que éstas traían aparejadas para los aprendices. También, estudios más recientes, procuraron analizar la interacción de diferentes variables, correspondientes a las características de los sistemas, los usuarios y las tareas.

2.5.1. Investigaciones sobre hipertextos. Las primeras investigaciones relacionadas con hipertextos se registran hacia finales de los años ochenta, una vez que se difundieron los medios electrónicos, pese a que su basamento teórico data de antes con las discusiones estructuralistas y posestructuralistas.

El estudio de estos medios ha favorecido, preferentemente, la utilización de métodos cuasiexperimentales y en algunos casos se han realizado protocolos de información verbal y observaciones con test y post-test. Asimismo, han priorizado el estudio del hipertexto como objeto de estudio, sobre el abordaje de los efectos del uso de estos medios en los procesos de aprendizaje.

Dentro de la investigación sobre el aprendizaje con hipertextos se identificaron también algunos campos y tendencias, como se describe seguidamente.

2.5.1.1. Estudios sobre construcción de estructuras mentales a partir del trabajo con redes de experto. En el ambiente educativo los primeros estudios relacionados con el uso de los hipertextos resaltaron especialmente la posibilidad de que el aprendiz, a través de la interacción con el hipertexto, se enfrentara directa o indirectamente a la red conceptual del experto. Se pensó que al navegar por el hipertexto, el aprendiz copiaría la red de aquel en su esquema cognitivo, modificando sus estructuras previas. Inclusive, los problemas de navegación y orientación se dirigieron a asegurar que esta copia fuera fiel y sin mayores dificultades. (Jonassen, 1989).

Investigaciones más recientes han demostrado que los usuarios- aprendices no realizan copias de la red del experto y tampoco logran, con la simple navegación, aprendizajes significativos; es decir, la hipertextualidad y su potencia para establecer múltiples relaciones que emulan la mente humana, no asegura que se modifiquen o transformen los esquemas previos de los estudiantes.

2.5.1.2. Estudios sobre los problemas de orientación y atención en el aprendizaje con hipertextos. En los trabajos realizados por Jonassen, (1988) y Rouet, (1996), se encontraron limitaciones asociadas con las dificultades en el acceso y la navegación dentro del sistema de hipertexto, según esto, existe un alto riesgo de que los aprendices se pierdan en las redes hipertextuales y/o que no sean capaces de dirigir la navegación teniendo en cuenta sus propias metas. También, pueden dispersarse en la red y pasar de una página a otra, sin seguir un orden óptimo de lectura, obviando las relaciones semánticas de los enlaces.

2.5.1.3. Estudios que indagan la influencia de los conocimientos previos en la efectividad del aprendizaje con hipertextos. La investigación efectuada por Jonassen (1988), se refirió al problema que supone para los aprendices la integración de nueva información a la propia estructura de conocimiento cuando se provee a través de un hipertexto.

Según esto, la estructura sumamente flexible y el tipo de organización conceptual que utilizan los hipertextos provocan que los procesos de establecimiento de relaciones, reestructuración y construcción dinámica, resulten muy complejos para el aprendiz.

Los trabajos de Shin, Schallert y Savenye, (1994), analizaron la influencia de las características estructurales del sistema en el aprendizaje de niños y niñas, con diferente nivel de conocimientos previos sobre los contenidos referidos por el hipertexto. Utilizaron un diseño experimental que cruzó las variables de control del aprendizaje y orientación para la navegación. Los resultados indicaron que los sistemas jerárquicos con acceso limitado resultaban más efectivos para los estudiantes con bajo nivel de conocimientos previos; mientras que, los sujetos con alto nivel de conocimiento funcionaban igualmente bien con ambos sistemas. El estudio también señaló que las ayudas para la navegación contribuían significativamente con la prevención de desorientaciones en los sistemas con estructura en red y acceso libre.

2.5.1.4. Estudios sobre el almacenamiento de información – memoria y resolución de problemas con hipertextos. Rouet, (1990), a través de estudios experimentales con hipertextos comprobó que muchas personas tienen problemas para recordar lo que han leído, presentan dificultad para construir una estructura

organizacional, y muchas veces, no están seguras si han encontrado la información que necesitan o no.

Jonassen, (1988), así como Jonassen y Grabinger, (1990), señalaron que el aprendizaje con este tipo de recursos supone mayores demandas cognitivas, o bien, que puede ocasionar una sobrecarga cognitiva a la persona que los usa. A los procesos cognitivos, necesarios para aprender, se les suma el esfuerzo adicional de controlar y regular los procedimientos de navegación y comprensión hipertextual propia de estos medios. Todo ello puede llegar a producir "una indigestión cognitiva" como cita Dede, en Jonassen y Grabinger (1990).

2.1.5.5. Estudios comparativos que intentan demostrar la efectividad del aprendizaje con hipertextos respecto a otros recursos. Algunos estudios señalan teóricamente potencialidades del aprendizaje con hipertextos, pero demuestran que no siempre el proceso resulta más efectivo que con los recursos utilizados convencionalmente. Dee-Lucas y Larkin (1995), encontraron que los hipertextos adaptados a un enfoque interactivo proporcionaron algunas ventajas para el aprendizaje, en comparación con el texto tradicional, especialmente cuando las metas de los usuarios se correspondían con el tipo de tarea y el dominio elegido. Sin embargo, la fragmentación del contenido que producía el hipertexto resultó una desventaja en personas que no tenían claras metas de aprendizaje.

Diferentes trabajos experimentales pusieron de relieve las limitaciones del empleo de hipertextos. Por ejemplo, el meta-análisis realizado por Chen y Rada (1996), donde compararon los resultados de efectividad y eficiencia del aprendizaje de 23 estudios experimentales con hipertextos. Ellos no encontraron evidencia suficiente para afirmar

que las características de los usuarios, - estilos cognitivos y habilidades espaciales -, resultaron un factor influyente.

Shapiro (1998) en una experiencia de aprendizaje con 72 estudiantes universitarios trabajó con un mismo documento sobre contenidos de ciencias sociales e historia de Estados Unidos, que fue organizado en tres formatos. Uno de ellos mantenía una estructura lineal (grupo control), y los otros dos se presentaban como hipertextos. Uno organizado con estructuras jerárquicas bien definidas y el otro de manera desestructurada. El análisis de los resultados reveló que los hipertextos, en general, sólo proporcionaron beneficios limitados a los usuarios. El investigador no encontró diferencias significativas entre los grupos control y experimental.

Una revisión de estudios empíricos realizada por Tergan (1998), sobre los efectos de aprendizaje de múltiples representaciones externas con hipertextos, señaló que la presentación de contenidos hipertextuales, no contribuye automáticamente con un mayor rendimiento en la adquisición y transferencia de conocimientos. De acuerdo con sus conclusiones, las representaciones múltiples pueden incrementar el aprendizaje, sólo si se proporcionan andamiajes instruccionales, en caso contrario puede disminuir el rendimiento, especialmente en estudiantes que no tienen experiencia con hipertextos.

2.1.5.6. Estudios sobre la hipertextualización de contenidos en un área de dominio de conocimientos. Las características del dominio de conocimiento en el que se emplea un hipertexto parecen jugar un papel importante. En este sentido, una investigación experimental realizada por Jakobson y Spiro (1991), en la que constataron empíricamente algunas cuestiones planteadas por la Teoría de la Flexibilidad Cognitiva (TFC), comprobó que un hipertexto sobre problemas de ciencias, tecnología y sociedad,

diseñado de acuerdo con los principios teóricos de la TFC, incrementó el rendimiento de los estudiantes al escribir un ensayo sobre cómo resolver algunos problemas relacionados con el contenido estudiado. Es decir que, este tipo de sistemas promovería una mayor transferencia de conocimientos, respecto de materiales tradicionales, que resultaron más efectivos en tareas reproductivas como el recuerdo de hechos.

2.5.2. Investigaciones sobre multimedia. De acuerdo con la revisión se encontró que la mayoría de estudios efectuados con multimedia, al igual que los realizados con hipertextos, han seguido métodos experimentales o cuasi-experimentales y, frecuentemente, han enfocado el objeto de estudio desde una perspectiva comparada que enfrenta experiencias donde se utilizan los multimedia con otras en las no se utiliza. Asimismo, hay un énfasis en tratar de comprobar la efectividad de los multimedia, relacionando el aprendizaje con procesos de memoria y resolución de problemas.

A continuación se presentan y ejemplifican las tendencias de investigación más relevantes en relación con el aprendizaje con multimedia.

2.5.2.1. Estudios comparativos. Fletcher (1990), analizó 47 experimentos que comparaban la instrucción multimedia interactiva respecto a la instrucción convencional. Su principal hallazgo fue que las experiencias que utilizaron multimedia se diferenciaron de las que utilizaron otros medios en 0,5 puntos de desviación estándar.

Mayer (1997), después de analizar 24 estudios concluyó que los estudiantes que recibieron la presentación coordinada de explicaciones en formato verbal y visual generaron respuestas más creativas (75%) y en solución de problemas que los resultados de la prueba de transferencia que realizaron los estudiantes que solamente recibieron explicaciones verbales.

2.5.2.2. Estudios sobre la eficacia de los multimedia en el proceso de aprendizaje. Najjar (1996), sistematizó situaciones en las cuales los multimedia ayudaron a los estudiantes a aprender mejor. Identificó las siguientes: cuando se combinaron al menos dos medios, cuando los medios se apoyaron uno al otro y cuando los estudiantes tenían conocimientos o aptitudes previas en el dominio que aprendían.

Una conclusión similar se encuentra en Ayersman (1996), quien confirmó la importancia de los multimedia para los estudiantes con problemas de aprendizaje.

2.5.2.3. Estudios sobre la intervención de canales múltiples en los procesos de aprendizaje. Estudios como los de Clark y Paivio (1991), Mayer y Anderson (1991), Stenning y Oberlander (1995) y Mayer y Moreno (1998), se basaron en la búsqueda de explicaciones acerca de cómo procesa y almacena la información la mente humana. Paivio (1991), desarrolló una teoría de la codificación-dual. Según la cual, un canal procesa la información verbal, mientras que el otro procesa imágenes no verbales. Se mejora el aprendizaje cuando la información se procesa a través de dos canales.

2.5.2.4. Estudios sobre las dificultades de retención, memoria y comprensión en el aprendizaje con multimedia. Salomón, Perkins y Globerson (1991), Aisworth, Bibby y Wood (1998), estudiaron los problemas de usar representaciones múltiples por la dificultad de que puede ocasionar a aprendices inexpertos, así como en la realización de actividades que requieren procesos mentales del alto nivel. De manera que la se obstaculiza la comprensión del material. Una explicación similar la propusieron Chandler y Sweller (1991), en su teoría de la carga cognoscitiva. Según esta el material en la pantalla de computadora afecta la atención y puede imponer una carga mental pesada a la memoria de trabajo y, por lo tanto, obstaculizaría el proceso de aprendizaje.

2.5.2.5. Estudios sobre actividad cerebral y destrezas mentales en el aprendizaje con multimedia. En su estudio, Gerlic y Jausovec (1999), utilizaron el electroencefalograma (EEG), para estudiar diferencias en el proceso cognoscitivo relacionado con el tipo de representación con la que se aprende. En este sentido se realizaron estudios como los de Klimesh (1997).

Capítulo 3

Método

De modo coherente y articulado con el enfoque de investigación cuantitativa, el propósito de este capítulo es describir el método que se utilizó para realizar el estudio. Está dividido en cuatro secciones: en la primera se introduce el método de investigación, en la segunda se definen la población, el contexto y la muestra con los cuales se efectuó el estudio, en la tercera se describen los instrumentos y los métodos de observación utilizados para el recaudo de la información; y finalmente, en la cuarta sección se indica el proceso seguido para recaudar la evidencia empírica requerida para comprender el objeto de estudio.

3.1. Introducción al método de investigación

El estudio analizó si existe o no diferencia entre el modelo mental previo sobre biodiversidad de los jóvenes de noveno año de la institución educativa donde se realizó la investigación y el construido posteriormente a la intervención con el hipermedia educativo. Además, se propuso evaluar algunas implicaciones pedagógicas y didácticas del trabajo con modelos mentales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de Ciencias y algunas implicaciones pedagógicas y didácticas de los recursos de hipermedia educativa en el aprendizaje de conceptos científicos.

Desde el punto de vista metodológico la investigación se inscribió dentro del enfoque cuantitativo. Siguiendo a Hernández S., Fernández, C., y Baptista, P. (2006), el estudio por sus propósitos se definió como descriptivo, dado que se interesó en medir con precisión los atributos del objeto de estudio. Dadas las condiciones administrativas

de conformación de los grupos, los cuales estaban previamente definidos por la institución educativa, el estudio respondió a un diseño cuasi-experimental con pre-prueba y post-prueba y grupos intactos. (Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. 2006).

El diseño de investigación se graficó del modo que sigue:

| | | | |
|------------------|----------------|---|----------------|
| G ₁ : | O ₁ | X | O ₁ |
| G ₂ : | O ₂ | — | O ₂ |

El estudio se realizó con dos grupos intactos, de 16 y 15 estudiantes respectivamente, quienes cursaban el noveno año. Al grupo 1 se le aplicó una prueba previa al tratamiento (O₁), luego la intervención consistente en el desarrollo de una unidad didáctica apoyada con el hipermedia educativo (X) y luego de ésta una post-prueba (O₂). Al grupo 2 se le aplicaron la prueba previa y la post-prueba. En ambos grupos cada una de las aplicaciones de las pruebas se comparó con un esquema elaborado con criterio de experto, el cual fue construido con el apoyo de seis especialistas en distintas disciplinas de la Biología que estudian la biodiversidad.

La definición del estudio como descriptivo se justificó por la revisión de investigaciones que sugerían experiencia en la indagación de modelos mentales con ese tipo de investigación. De igual modo, posterior a la revisión de investigaciones realizadas en el campo, se encontró que el diseño cuasi-experimental con aplicación de pre-prueba y post-prueba, era adecuada para estudiar el tipo de problemas asociados con la construcción de modelos mentales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Pocos estudios reportaron la asignación aleatoria de sujetos y el control exhaustivo de las variables de investigación.

La mayoría de estudios revisados se realizaron con estudiantes de nivel de educación secundaria o universitaria, en grupos existentes y debidamente conformados. Asimismo, la mayoría de estudios se desarrollaron con el propósito de explorar la construcción de modelos mentales relacionados con conceptos provenientes de la física y la química. En algunos casos se recurrió a la imagen del modelo mental del experto para contrastar el construido por los estudiantes, pero otras veces sólo se exploró el modelo que construían los estudiantes. Como ejemplos que apoyan las afirmaciones anteriores se pueden revisar los siguientes estudios: Gangoso y Buteler (1998), Vosniadou (1994), Greca y Moreira (1996a y 1996b), Nappa, N., Insausti, M.J., y Singüenza, A. F. (2006), Solaz-Portolés, J.J., y Sanjosé, L. V. (2008), Galagovsky, L., Di Giacomo, M. A., y Castelo, V. (2009).

Para lograr un acercamiento mayor al objeto de estudio, de manera coherente con los propósitos de esta investigación, se combinaron algunas técnicas de naturaleza cualitativa con otras de naturaleza cuantitativa. La pre-prueba y la post-prueba consistieron en un cuestionario y un ejercicio de representación visual contruidos a partir de las definiciones elaboradas por los expertos.

3.2. Población, contexto y muestra

3.2.1. La población. La investigación se realizó en una institución que pertenece al sistema de la educación secundaria académica pública de Costa Rica. El colegio está localizado en el distrito de Orosí, del cantón de Paraíso en la provincia de Cartago.

La institución se creó en 1997, mediante decreto número 30-97 del 21 de enero. Desde entonces el colegio se caracterizó por la implementación de estrategias novedosas

para desarrollar los programas educativos, la aplicación de las tecnologías digitales, el fortalecimiento del idioma Inglés y la protección del medio ambiente.

En el año 2004 la institución se convirtió en un Colegio de Innovación Tecnológica (LINTEC), por lo que incorporó las tecnologías digitales en todos los procesos de enseñanza – aprendizaje al contar con infraestructura de *hardware*, *software* y conectividad a Internet.

En el curso lectivo 2012, el colegio registró una matrícula de 569 jóvenes, procedentes de diferentes sectores del distrito de Orosi, entre ellos: Palomo, La Alegría, Jucó y Orosi centro, entre otros.

Tiene cuatro secciones de noveno año, de las cuales el 9A y el 9B, que son atendidas por la misma profesora de Ciencias, participaron en esta investigación. Estos grupos se caracterizaron por ser pequeños en comparación con los de otras instituciones cuyo tamaño es prácticamente el doble.

Así, la vocación del colegio, la disposición de la Dirección escolar y de la profesora de Ciencias, como las características administrativas, fueron los factores incidentes en la elección de esta institución educativa para realizar la investigación.

3.2.2. El contexto. La clase de Ciencias, el Programa de Estudios de la asignatura, la versión en Español de la aplicación en línea Dosel en las Nubes y la unidad didáctica (ver Apéndice A) que aborda el concepto “biodiversidad” fueron los recursos utilizados para conformar la situación de aprendizaje que fue investigada.

Actualmente el Programa de Estudios de Ciencias tiene un énfasis para cada nivel escolar: Física para sétimo año, Química para octavo año y Biología para noveno año.

No obstante, es el programa de décimo año el que profundiza en los conceptos

relacionados con la biodiversidad. A pesar de esta condición, el tema es tratado a lo largo de los ciclos escolares desde la educación primaria, particularmente se profundiza en el programa de estudios de cuarto grado de educación básica y en el de cuarto año de la secundaria, por lo que el concepto “biodiversidad” y otros conceptos asociados, no son ajenos al acervo de conocimiento de los estudiantes en el noveno año.

Se revisó el Programa de Estudios de noveno año para determinar los contenidos específicos que estaban siendo estudiados por los estudiantes en ese nivel escolar y el trabajo de campo se ubicó en el período en el cual era pertinente hacer la intervención pedagógica por parte de la profesora de Ciencias, ya que el propósito fue que la experiencia investigativa se insertara de manera natural y pertinente en la cotidianidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Como antecedente de la investigación se realizó una revisión del contenido tanto del Programa de Estudios de Ciencias de noveno año, como del hipermedia Dosel en la Nubes. Se estableció un listado de los contenidos que ambos trataban en relación con el concepto “biodiversidad”. En el Programa de Estudios de noveno año se incluyeron los siguientes contenidos relacionados: las Ciencias Biológicas y sus aplicaciones, sentido y utilidad de los estudios de la Biología, organización de las células en organismos pluricelulares, tejidos, órganos y sistemas de las plantas, así como los tipos de tejidos vegetales. Por su parte en el hipermedia Dosel en las Nubes, por medio de explicaciones científicas, panorámicas en tercera dimensión, fotografías, vídeos, planes de lección, un glosario de términos y una red de intercambio con científicos, se abordaron los siguientes temas: características de los bosques tropicales montanos nubosos (elevaciones enana, baja, media y alta, nuboso de la vertiente atlántica), el dosel

(concepto, función en el bosque y formas de vida), clima, formación nubosa en el bosque y ambiente, el ciclo del agua, concepto y medición de la biodiversidad, interdependencia y diversidad; suelos, ecología y prioridades de conservación; y procesos científicos para estudiar la biodiversidad.

El hipermedia “Dosel en las Nubes es un recurso didáctico derivado de la investigación doctoral realizada por un estudiante en Ecofisiología Vegetal del Departamento de Biología Integrativa de la Universidad de California en Berkeley, el cual fue apoyado por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, la organización “*Canopy in the Clouds*”, el Centro Científico Tropical y recientemente por la *National Geographic* en norteamérica.

El hipermedia fue desarrollado para favorecer la comprensión del concepto y funcionamiento de la biodiversidad a partir del conocimiento de qué es y cómo se estudia el bosque tropical nuboso. Favorece la familiarización con los bosques tropicales montanos nubosos y los procesos científicos que permiten su estudio a estudiantes de educación primaria y secundaria.

Para el logro de sus propósitos el hipermedia propuso un proceso de aprendizaje enfocado en la observación de vídeos documentales descriptivos del bosque, cuya comprensión se apoya en la revisión de conceptos científicos que fueron construidos con criterio de experto. También aporta algunos materiales educativos sistematizados, los cuales fueron elaborados por educadores para integrar el material científico en las clases de Ciencias en distintos niveles escolares.

3.2.3. La muestra. El estudio se realizó con una muestra no probabilística o dirigida (Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. 2006), compuesta por dos grupos de estudiantes de noveno año del Colegio de Orosi.

La elección de los grupos se fundamentó en la pertinencia de las características de los sujetos para cumplir los objetivos de la investigación. Otra condición de la elección de los grupos participantes fue la disposición de la Directora de la institución educativa y de la profesora de Ciencias de participar en el estudio. La selección siguió un procedimiento informal y arbitrario orientado a conseguir un conjunto de sujetos “típicos”, por lo que se estableció un muestreo a juicio (Giroux, S. y Tremblay, G, 2004), también llamada muestra de sujetos-tipo (Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. 2006).

La muestra estuvo integrada por 31 estudiantes, distribuidos en dos grupos prácticamente equitativos, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1
Distribución de sujetos participantes en la muestra de investigación, según grupo

| | Cantidad | Porcentaje |
|---------|----------|------------|
| Grupo A | 16 | 51.6 |
| Grupo B | 15 | 48.4 |
| Total | 31 | 100.0 |

En ambos grupos la distribución por sexo también fue bastante equitativa, como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2
Distribución de los estudiantes participantes, según sexo

| Grupo A | | | | Grupo B | | | |
|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| Hombres | | Mujeres | | Hombres | | Mujeres | |
| N | % | N | % | N | % | N | % |
| 9 | 56.3 | 7 | 43.8 | 10 | 66.7 | 5 | 33.3 |

Predominó el grupo de edad de estudiantes con quince años, que es la edad promedio para este año escolar. Lo anterior reveló que la mayoría de estudiantes participantes en la investigación (entre el 60% y 70%) cursan el año que corresponde sin rezago. También se obtuvo un grupo pequeño de 5 estudiantes con 14 años y 4 estudiantes que superan la edad promedio, tal como se detalla en la tabla 3.

Tabla 3
Distribución de los estudiantes participantes, según edad

| Edad | Grupo A | | Grupo B | |
|---------|---------|-------|---------|-------|
| | N | % | N | % |
| 14 años | 2 | 12.5 | 3 | 20.0 |
| 15 años | 10 | 62.5 | 11 | 73.3 |
| 16 años | 2 | 12.5 | 1 | 6.7 |
| 17 años | 2 | 12.5 | 0 | 0.0 |
| Total | 16 | 100.0 | 15 | 100.0 |

La selección de la muestra no probabilística de grupos completos se fundamentó en el diseño típico de investigación cuasi-experimental, dado que no aplicaba un estudio de sujeto único o de series temporales.

3.3. Instrumentos y métodos de observación

Para efectuar el acercamiento al objeto y a los sujetos de la investigación, se definió un conjunto de instrumentos de medición y métodos de observación. La elección de los instrumentos y métodos respondió por un lado a los propósitos de la investigación y, por otro, al enfoque y diseño investigativo seleccionados.

A continuación se describen los instrumentos y métodos de observación seleccionados de acuerdo con su relación con los objetivos del estudio:

Tabla 4
Definición de instrumentos según los objetivos específicos de investigación

| Objetivos específicos | Instrumentos propuestos |
|---|--|
| Objetivos teóricos | |
| 1. Analizar los cambios en los conceptos y las relaciones conceptuales subyacentes al modelo mental de los estudiantes sobre el concepto “biodiversidad”, antes y después de la intervención educativa. | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de contenido de mapa visual elaborado por expertos. |
| 2. Analizar si existe o no diferencia significativa entre el modelo mental previo sobre biodiversidad y el construido posteriormente a la intervención con el hipermedia educativo. | <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de conocimientos (pre-prueba y post-prueba) para estudiantes. • Análisis del contenido de un mapa visual |
| Objetivos prácticos | |
| 3. Evaluar algunas implicaciones pedagógicas y didácticas del trabajo con modelos mentales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de Ciencias. | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista con la profesora |
| 4. Evaluar algunas implicaciones pedagógicas y didácticas de los recursos de hipermedia educativa en el aprendizaje de conceptos científicos. | <ul style="list-style-type: none"> • Observación sistemática del trabajo de los estudiantes y análisis del hipermedia. |

De acuerdo con el diseño de investigación, los instrumentos y procedimientos se organizaron del modo descrito en la figura 1:

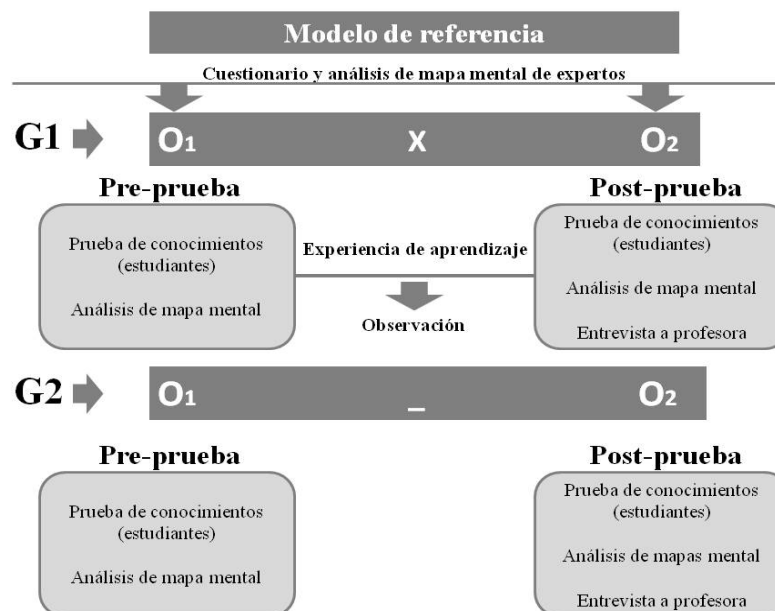


Figura 1, Descripción de instrumentos utilizados, según momento y grupo (Elaborada por la investigadora).

Para construir el modelo mental de referencia con criterio de experto, se elaboró y aplicó un cuestionario a un conjunto de seis profesionales en distintas áreas de conocimiento de la Biología, quienes apoyan el desarrollo del proyecto Dosel en las Nubes. Con base en los resultados obtenidos en el ejercicio realizado con los expertos, se identificaron los principales componentes del concepto “biodiversidad” y se determinaron las concepciones erróneas más frecuentes asociadas con la comprensión del concepto. Ello permitió la construcción de una prueba de conocimientos que se incluyó en un cuestionario aplicado a los estudiantes, la cual tuvo una aplicación experimental para definir su consistencia interna y su confiabilidad estadística.

De la construcción del mapa o esquema conceptual elaborado por los expertos se derivó una lista priorizada de conceptos centrales y secundarios relacionados con la biodiversidad que serían utilizados para rastrear la presencia y la naturaleza de relaciones descrita en los mapas elaborados por los estudiantes posteriormente.

En la fase de pre-test se aplicó la prueba de conocimientos a ambos grupos de estudiantes participantes en el estudio. Asimismo, se les solicitó la construcción de un mapa o esquema basado en la definición de un máximo de ocho conceptos centrales.

El grupo uno participó en la experiencia de aprendizaje diseñada como intervención educativa, en la cual se utilizó una unidad didáctica como guía de enseñanza-aprendizaje que fue apoyada con el hipermedia Dosel en las Nubes. La guía fue implementada por la profesora de Ciencias en sus clases regulares con el grupo. Se efectuó la observación del trabajo de los estudiantes con la unidad didáctica y el uso del hipermedia.

Transcurrida la intervención educativa, como post-test, se aplicó nuevamente la prueba de conocimientos a los estudiantes y se les volvió a solicitar que elaboraran un mapa o esquema conceptual sobre biodiversidad. Se consignaron los resultados del post-test en la base de datos y se procedió con su análisis y contraste. Finalmente se realizó una entrevista a la profesora para analizar algunas de sus percepciones y valoraciones sobre las implicaciones educativas del trabajo con modelos mentales y el uso de hipermedia educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Cada uno de los instrumentos utilizados en la investigación se describe a continuación:

3.3.1. Cuestionario sobre el concepto biodiversidad para los expertos. El cuestionario (ver Apéndice F) consistió en un conjunto de ocho ítems. Los tres primeros recolectaron información personal de cada experto: su edad, sexo y área de conocimiento. Los siguientes estaban relacionados básicamente una de las variables de estudio, como sugieren Hernández, Fernández y Batista (2006).

Los ítems 4, 5 y 6 se relacionaron con el concepto biodiversidad. El ítem 7 solicitó identificar las concepciones erróneas más frecuentes en la comprensión del concepto y el ítem 8 les solicitó elaborar un gráfico del concepto biodiversidad en el cual se relacionaran los conceptos centrales y secundarios, citados por ellos en los ítems 5 y 6.

3.3.2. Cuestionario para estudiantes con la prueba de conocimientos. El cuestionario (ver Apéndice G) consistió en un conjunto de cinco ítems. Los dos primeros recolectaron información personal de cada estudiante: edad y sexo. Los otros tres constituyeron la prueba de conocimientos y desglosaron el concepto biodiversidad.

La construcción de los tres ítems conceptuales se realizó con el criterio experto obtenido del trabajo con los científicos. En el caso de los tres ítems todas las respuestas eran verosímiles, no obstante, una de ellas representaba una comprensión más profunda del concepto, por lo que fue considerada como la respuesta deseable.

El ítem 3 consultó por el concepto biodiversidad en su acepción de diccionario. El ítem 4 ilustró un ejemplo de mayor biodiversidad, el cual debía ser identificado de una lista de opciones. El ítem 5 mostró una lista de cuatro afirmaciones frecuentes respecto a la biodiversidad, tres de las cuales revelaban nociones erróneas respecto a ésta.

3.3.3. Mapas mentales de estudiantes y análisis de su contenido. Otro instrumento utilizado para recabar información sobre el concepto biodiversidad que tienen y construyen los estudiantes fue el mapa mental (ver Apéndice H). De acuerdo con Buzán (2004), un mapa mental “es un método de análisis que permite organizar con facilidad los pensamientos y utilizar al máximo las capacidades mentales”. Asimismo, la se le considera como una herramienta sencilla para gestionar la información entre el cerebro y el exterior, por lo que resulta eficaz y creativo para planificar y plasmar el pensamiento.

En el caso de esta investigación el mapa se utilizó como un instrumento para que los estudiantes evidenciaran la forma en que piensan y comprenden el concepto biodiversidad. Se elaboró una plantilla en la cual los estudiantes priorizaron ocho conceptos centrales relacionados con la biodiversidad y luego los relacionaron en el mapa. La elaboración no siguió ningún protocolo, sino que cada estudiante pudo personalizar su construcción.

De manera complementaria, se utilizó un procedimiento de análisis de contenido para examinar los conceptos y vínculos de los mapas elaborados por los estudiantes. De acuerdo con Berelson (1959) en Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. (2006), el análisis de contenido es una técnica que se utiliza para estudiar y analizar la comunicación de manera objetiva, sistemática y cuantitativa.

El propósito de utilización de esta técnica fue desvelar las diferencias del contenido de los mapas de los estudiantes con respecto al de los expertos. Así como para contrastar la elaboración del mapa del pre-test, con el realizado en el post-test.

3.3.4. Entrevista semiestructurada enfocada. La entrevista es el proceso de interacción dinámica de comunicación entre dos personas, entrevistador y entrevistado bajo control del primero. Es una técnica para recolectar información, lo más implicada posible, sobre el objeto de análisis que se plantea.

De acuerdo con Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. (2006), la entrevista semiestructurada de preguntas abiertas, utiliza un guión básico de intercambio, pero deja opción de incorporar aquellos aspectos que surgen del intercambio entre el entrevistador y el entrevistado.

La entrevista enfocada, es una conversación en profundidad específicamente dirigida a situaciones concretas. Va dirigida a un individuo concreto, caracterizado y señalado previamente por haber tomado parte de la situación o experiencia definida.

En el caso particular de este estudio se utilizó la entrevista como medio para indagar de manera detallada y profunda, las acciones y valoraciones de la profesora en relación con el proceso seguido en la intervención pedagógica y derivar algunas

implicaciones pedagógicas del trabajo con modelos mentales y con hipermedia educativa. (Ver Apéndice I).

3.3.5. Observación sistemática. Como definen Hernández, R., Fernández, C, y Baptista, P. (2006), la observación consiste en un registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta. En el caso del estudio, se opta por una observación en ambiente natural, como mencionan Giroux, S. y Tremblay, G, (2004). De acuerdo con esto, se observó la mediación pedagógica de la profesora en su contexto natural de trabajo docente y las acciones realizadas por los estudiantes para aprender en el marco de su trabajo con la unidad didáctica y el hipermedia educativo.

Para la construcción de la rejilla de observación (ver Apéndice J) se definieron los aspectos por observar, las unidades de observación y las categorías y subcategorías de observación. También se utilizó una rejilla para observar el trabajo de tres estudiantes seleccionados al azar (ver Apéndice K).

3.4. Proceso de recolección de datos empíricos

Para realizar el trabajo de campo de la investigación se propuso un proceso de recolección de los datos empíricos organizado en tres fases. Primero una fase preliminar consistente en la preparación de las condiciones para realizar el trabajo empírico. Segunda, la fase de realización de la pre-prueba y las post-prueba consideró la realización de las pruebas estadísticas. Su aplicación no fue coincidente en el tiempo, pero sí su construcción. La tercera fase constituida por la intervención educativa, la cual sólo se desarrolló con el Grupo 1. En la siguiente figura se detalla el proceso diseñado:

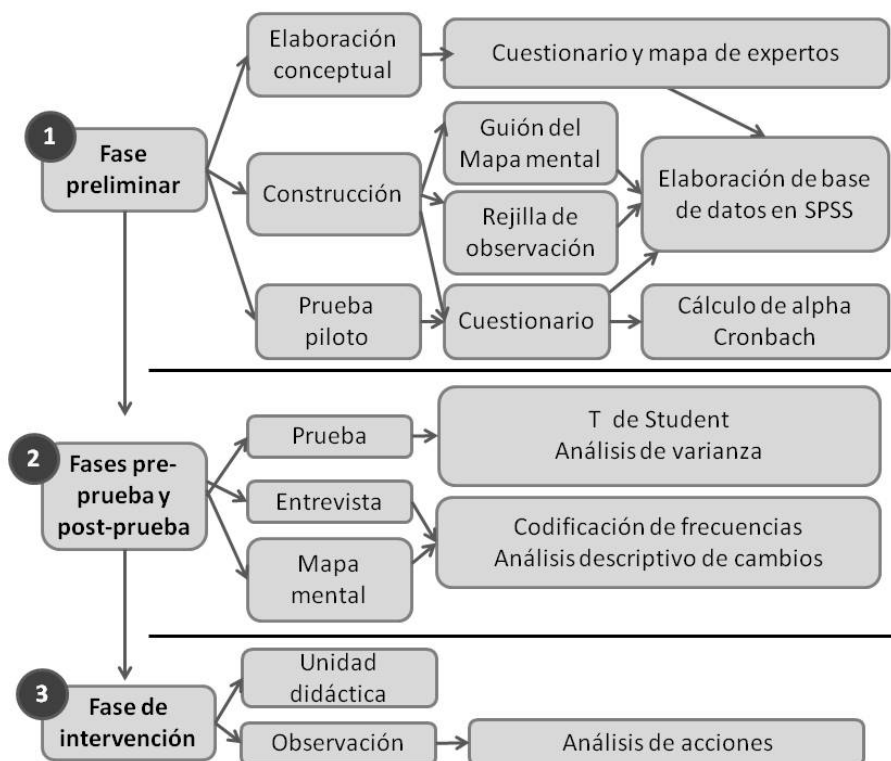


Figura 2, Fases del proceso de investigación (Elaborada por la investigadora).

3.4.1. Fase preparatoria. Construcción del modelo de referencia: en esa fase se inició el trabajo con los expertos para construir el modelo mental de referencia. Se distribuyó el cuestionario con la consulta a seis expertos que participan en la comunidad que da soporte al proyecto Dosel en las Nubes. Estos fueron analizados y su contenido fue sintetizado en una base de datos. Se identificaron las principales características y propiedades del concepto biodiversidad, se listaron los conceptos fundamentales y complementarios asociados con éste y se listaron las concepciones erróneas más frecuentes, identificadas por ellos en la comprensión del concepto por parte de los estudiantes.

El resultado del análisis del contenido elaborado por los expertos fue validado en una sesión de análisis con el director del proyecto Dosel en las Nubes, ya que algunas veces referían conceptos con nominaciones diferentes, pero con el mismo significado. De esa sesión de trabajo se derivó el perfil definitivo del modelo de referencia.

3.4.1.1. Prueba de conocimientos y mapa mental de los estudiantes. Con base en el modelo de referencia se construyeron los instrumentos por ser aplicados a los estudiantes: la prueba de conocimientos y el guión para la elaboración del mapa mental.

Se realizó un proceso de validación de constructo con un panel de cinco jueces, expertos en el área de Biología. A ellos se entregó, además de los instrumentos, un breve marco teórico que explicaba las decisiones conceptuales asumidas por la investigadora. Los jueces examinaron la validez de cada ítem del cuestionario y de ese en su conjunto.

En el caso de esta medida, los jueces consideraron que los tres ítems eran adecuados para medir el concepto biodiversidad. Además, que el vocabulario utilizado en la prueba era apto para estudiantes en el grupo de edad entre los 14 y 17 años, que representa el intervalo promedio para el noveno año de Educación General Básica.

Se efectuó una aplicación experimental del cuestionario, en la cual participaron 31 estudiantes de noveno año de un colegio académico para valorar y ajustar la confiabilidad del instrumento de investigación.

Posterior a la realización de la prueba piloto de aplicación de la prueba de conocimientos se examinó su consistencia interna utilizando el estadístico Alpha de Cronbach. Este estadístico determina la correlación media de una de las variables de la misma escala con todas las demás variables que la componen, por lo que permite interpretar la escala y cualquier otra posible que contuviese el mismo número de ítems y

que pudiera construirse a partir del mismo universo hipotético de variables que miden lo mismo. En términos convencionales, el valor del coeficiente varía entre cero y uno, siendo posible la existencia de valores negativos, lo que indicaría que en la escala hay algunos ítems que miden lo opuesto a lo que miden los demás. A pesar de que no existe un acuerdo generalizado para interpretar el coeficiente de correlación y para determinar cuál debe ser el valor a partir del cual pueda considerarse una escala como fiable, estadísticamente se sabe que cuanto más cercano esté el valor del Alpha de Cronbach a 1, mayor será la consistencia interna de los ítems que componen el instrumento de medida.

En el caso de esta investigación se siguió el criterio de George y Mallery (1995), quienes indican que si el Alpha es mayor que 0,9 el instrumento de medición es excelente; en el intervalo entre 0,9 y 0,8 el instrumento es bueno; entre 0,8 y 0,7, el instrumento es aceptable; en el intervalo de 0,7 y 0,6 el instrumento es débil; entre 0,6 - 0,5 el instrumento es pobre; y si es menor que 0,5 no es aceptable. Utilizando esa escala, para esta investigación se definió como aceptable una medida del coeficiente de 0,8 o superior. En caso de no obtener esa medida, la prueba debería ser ajustado hasta lograr un valor aceptable de confiabilidad.

Como resultado de la prueba piloto, se obtuvo una medida de confiabilidad estadística de la prueba de 0,85, por lo que se consideró apta para ser utilizada en la investigación. El resultado se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Valor del Alpha de Cronbach, según prueba de confiabilidad estadística

| Alpha de Cronbach | Alpha de Cronbach Basado en Items estandarizados | N de Items |
|-------------------|--|------------|
| .085 | .344 | 3 |

También se procedió a valorar el nivel de dificultad de los tres ítems. Se obtuvo un resultado bastante equitativo para éstos. No obstante, el ítem tres puntuó con una dificultad mayor, por lo que se estimó que tenía una probabilidad más alta de no ser acertado por los estudiantes, con excepción de aquellos que mejor conocen las características del concepto biodiversidad. Ese ítem presentó mayor variabilidad, por lo que permitirá distinguir a estudiantes que tienen un conocimiento previo más refinado sobre el tema.

Tabla 6

Nivel de dificultad de los ítems, según análisis estadístico con SPSS

| | Dificultad | Desviación Std. | N |
|--------|------------|-----------------|----|
| Item01 | 2.47 | 1.246 | 15 |
| Item02 | 2.27 | .458 | 15 |
| Item03 | 3.20 | .676 | 15 |

Se preparó una matriz de unidades de análisis de contenido (ver Apéndice L) para examinar el modelo mental que los estudiantes representaban en un mapa visual. La matriz utilizó como unidades las palabras que enunciaban los conceptos y los vínculos relacionados con la biodiversidad. Básicamente las categorías estuvieron referidas al tópico tratado y algunas a los valores o creencias que fueran revelados por los estudiantes.

Para confirmar la confiabilidad y validez del sistema de unidades de análisis y el sistema categorial, se contrastó con el modelo de referencia y se revisó con los expertos.

3.4.1.2. *Rejilla de observación.* Se preparó la rejilla de observación con base en las definiciones hechas en el apartado de instrumentos. La rejilla de observación se validó con el mismo grupo de jueces que evaluó la validez de constructo del cuestionario.

3.4.2. Fase Pre-prueba y Post-prueba. En esta fase se aplicó la prueba de conocimientos en dos momentos diferentes a cada uno de los grupos y se efectuó el análisis de contenidos de los mapas mentales elaborados por los estudiantes de ambos grupos.

3.4.2.1. *Prueba de conocimientos.* En esta etapa se aplicaron las pruebas a los grupos 1 y 2 respectivamente. Posterior a la aplicación se codificaron los formularios, se obtuvieron los puntajes totales de cada prueba y se consignaron los valores obtenidos por los estudiantes en la base de datos. Lo mismo se hizo para el pre-test y el post-test, consignándose el par de puntajes para cada estudiante. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 20 para Windows, *Statistical Package for Social Sciences*, por sus siglas en inglés.

Se realizó el análisis descriptivo de los datos, obteniendo los estadísticos de frecuencias y los gráficos correspondientes. Se corrieron dos tipos de prueba: una prueba T de Student para buscar evidencia de las diferencias entre los puntajes obtenidos por los estudiantes en el pre-test y el post-test dentro de cada grupo. Como señalan Runyon, R. y Haber, A. (1992), la prueba T de Student es una prueba paramétrica que permite hallar las diferencias entre las calificaciones obtenidas por cada pareja de medidas /

sujetos y tratarla como si fueran calificaciones originales. El método de la diferencia directa transforma un caso de dos muestras en un caso de una muestra.

Asimismo, una prueba de varianza de un solo factor (*One way/ANOVA*) para analizar la diferencia de los valores de la prueba de conocimientos en el post-test entre los grupos 1 y 2. Se optó por esta prueba en lugar de una T de Student, a pesar de no ser un procedimiento típico, con el propósito de controlar el impacto del error estadístico sobre el resultado. Interesó probar con diseño de prueba de hipótesis si la intervención educativa tuvo efecto sobre la calificación final de la prueba de conocimientos.

Las pruebas se aplicaron como se detalla en la figura 3:

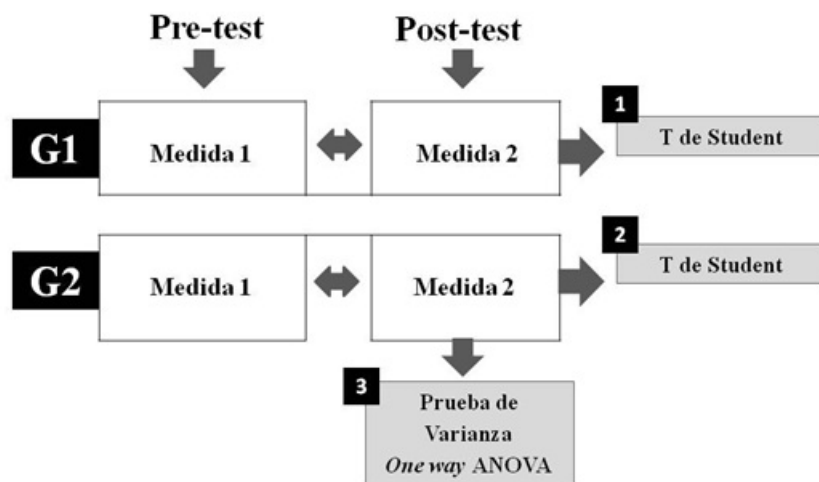


Figura 3, Distribución de pruebas, según grupos (Elaborada por la investigadora).

Se realizaron tres mediciones: Dos para analizar las diferencias en el puntaje de la prueba del pre-test y el post-test en cada grupo. Una para comparar los puntajes de ambos grupos en el post-test. Con base en los resultados finales se completaron las pruebas de hipótesis y se elaboraron las conclusiones correspondientes a cada prueba.

3.4.2.2. Análisis de contenido. Tanto en el momento de la pre-prueba, como de la post-prueba se solicitó a los estudiantes la elaboración de una representación visual que ilustrara el concepto biodiversidad a partir de la definición de un máximo de ocho conceptos y sus respectivos vínculos.

Se elaboraron 62 mapas, 31 correspondientes al pre-test y 31 del post-test. En ambas ocasiones se elaboró una lista de los conceptos citados por cada estudiante y se contrastó con el modelo de referencia. Los resultados se consignaron en la “Rejilla de análisis de contenido” (ver Apéndice L).

Se definió un procedimiento para valorar el contenido de los mapas, como se detalla a continuación: primero se listaron todos los conceptos utilizados por los estudiantes en cada par de mapas, segundo, se consignaron los resultados en un registro electrónico la lista correspondiente a cada estudiante y finalmente se contrastó la lista de cada estudiante con la establecida como modelo de referencia. Para esto se consignó el numeral 0 cuando los conceptos del modelo de referencia estaban ausentes en la lista del estudiante y se consignó el 1 cuando hubo coincidencia entre ambas listas. El contraste no fue literal, sino que algunos conceptos fueron apareados por significado o sentido, aunque los términos fueran diferentes.

Luego se identificó la presencia de nociones erróneas en los mapas producidos por los estudiantes. Se utilizó el mismo procedimiento de codificación. Se sumaron los valores del pre-test y el post-test para el listado de conceptos y para las nociones erróneas. En el caso de éstas últimas la consignación de la suma se hizo diferente, ya que mientras en relación con los conceptos tener un número mayor de coincidencias era positivo, en relación con las nociones erróneas, era negativo. Se derivó una medida para

la diferencia general, sumando el valor obtenido en los conceptos con el obtenido en la presencia de nociones erróneas.

Asimismo, se compararon los resultados obtenidos por cada grupo en el pre-test y el post-test y se comparó el resultado general de ambos grupos. Se estableció una escala lógica y arbitraria para establecer la medida del cambio entre las mediciones de ambos grupos. En este caso se definió la escala como se sigue:

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---|-------|-------|
| Diferencia global encontrada | -3 a -4 | -1 a -2 | 0 | 1 a 2 | 3 a 4 |
| Puntaje asignado para comparar | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |

3.4.3. Fase de intervención educativa. Esta fase consideró tres tareas fundamentales: 1) el desarrollo de unidad didáctica por parte de la profesora en el grupo 1 con el apoyo del hipermedia educativo; 2) la observación de la mediación pedagógica y del trabajo de los estudiantes durante el desarrollo de la unidad didáctica; y 3) la entrevista con la profesora.

Para el desarrollo de la unidad didáctica la investigadora efectuó una sesión de trabajo con la profesora, anterior al desarrollo de la unidad didáctica, con el propósito de revisar los contenidos de ésta y la estrategia por ser desarrollada durante la intervención pedagógica. Según se acordó, la profesora desarrollaría la unidad didáctica apegada al guión y trataría de no intervenir demasiado en el trabajo de los estudiantes, pues la idea fue observar en qué medida el hipermedia apoyaba su comprensión del concepto biodiversidad. Para la intervención pedagógica se utilizaron la unidad didáctica y la guía del estudiante, descritas en el Apéndice E.

Se realizó una observación sistemática que enfatizó en las estrategias didácticas que utilizó la profesora para abordar el concepto biodiversidad con el apoyo del hipermedia, así como las estrategias que utilizan los estudiantes para navegar y aprender con el material.

Las observaciones se cotejaron en las rejillas elaboradas para ese fin y se analizaron con base en la descripción del contexto, la frecuencia y la latencia de las variables que fueran observadas.

Una vez analizados los resultados de los cuestionarios y la elaboración de los mapas, se realizó una entrevista a la profesora para indagar sus valoraciones con respecto a las implicaciones pedagógicas y didácticas del trabajo con modelos mentales y con recursos de hipermedia educativa en las clases de Ciencias. Interesó rescatar sus observaciones sobre la pertinencia del recurso utilizado y la forma en éste apoyó o no el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Capítulo 4

Análisis de resultados

Este capítulo presenta los principales hallazgos y resultados encontrados en la investigación. Se organiza en dos secciones: la primera describe los resultados según los objetivos que guiaron el estudio y el modelo de referencia utilizado para revisar el construido por los estudiantes, se muestran los cambios y progresiones identificadas, se explica el significado de esos cambios y se muestran algunas de las implicaciones pedagógicas y didácticas que suponen. La segunda sección analiza en profundidad los resultados presentados en la primera sección.

Para determinar los cambios que el aprendizaje mediado con el hipermedia educativo Dosel en las Nubes originó en el modelo mental del concepto biodiversidad de los estudiantes de noveno año del Colegio, se construyó un modelo experto de referencia y a partir de éste se condujo un estudio de pre-test y post-test con aplicación de prueba para 31 estudiantes distribuidos en dos grupos. Además, el grupo 1 participó en el desarrollo de una intervención educativa guiada por la profesora de Ciencias.

La prueba consistió en dos ejercicios: una prueba corta de conocimientos y la construcción de un mapa o esquema mental en el cual se solicitó a los estudiantes la identificación de conceptos y relaciones fundamentales que fueron contrastados con un modelo experto elaborado preliminarmente.

Durante la intervención educativa se observaron las estrategias utilizadas por la profesora y los estudiantes con el propósito de valorar su incidencia en el desempeño potencial de aprendizaje.

Los resultados se analizaron utilizando básicamente dos procedimientos: la prueba de hipótesis y el análisis de contenido.

4.1. Presentación de resultados

Los principales hallazgos y resultados de investigación se presentan de acuerdo al contenido de la pregunta de investigación y a los objetivos del estudio. Según esto, el apartado se organizó con base en tres cuestiones guía: ¿Hubo o no cambios en el modelo mental de los estudiantes? Si los hubo ¿Cuáles fueron esos?, ¿Qué tan significativos fueron los cambios?, y ¿Qué implicaciones se pueden derivar?

Se sumó un primer apartado para describir los resultados del proceso de construcción del modelo de referencia que sirvió de guía para determinar los potenciales cambios en los modelos mentales usados por los estudiantes.

4.1.1. Un modelo mental de referencia. Para la construcción del modelo mental de referencia con criterio de experto, se consultó a seis especialistas que trabajan e investigan en distintas disciplinas de la Biología. Todos formaban parte de la red científica que apoya al proyecto DoseL en las Nubes. Cuatro de ellos están asociados a la Universidad de California. Uno en Berkeley, dos en San Diego y uno en Santa Cruz. Otro de los investigadores trabaja en la Universidad de Princeton y otro en el Centro de Biología Tropical en Costa Rica.

De acuerdo con la edad, el 50% de los expertos se ubicó en el grupo de 30 a 34 años. Dos de ellos eran estudiantes posdoctorales en el grupo de 25 y 29 años y uno se ubicó en el grupo de 40 a 44 años, tal como se detalla en la tabla 7.

Tabla 7
Distribución de los expertos, según edad

| Edad | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| 25 a 29 años | 2 | 33.3 |
| 30 a 34 años | 3 | 50.0 |
| 40 a 44 años | 1 | 16.7 |
| Total | 6 | 100.0 |

Los expertos fueron preponderantemente hombres en una proporción de 5 a 1 respecto a las mujeres participantes, como muestra la tabla 8.

Tabla 8
Distribución de los expertos, según sexo

| Sexo | Frecuencia | Porcentaje |
|--------|------------|------------|
| Mujer | 1 | 16.7 |
| Hombre | 5 | 83.3 |
| Total | 6 | 100.0 |

Los científicos se distribuyeron en forma equitativa en tres áreas de conocimiento dentro del campo de la Biología: Biología Evolutiva, Eco-fisiología Vegetal y Ecología.

De acuerdo con el ejercicio de conceptualización realizado por los expertos, se obtuvieron seis conceptos de biodiversidad. Se realizó un análisis de contenido a las definiciones dadas por ellos, se identificaron las palabras y significados fundamentales, y se construyó el primer sistema categorial. (Ver Apéndice A).

Se definió una categoría central denominada “variación de la vida” y se establecieron dos más: la primera relacionada con los componentes básicos del concepto: las especies y sus funciones; la segunda relacionada con las características con las que se puede calificar la biodiversidad de un lugar. El ejercicio constituyó un primer

desglose que fue reorganizado, sintetizado y definido conforme se agregaron resultados del análisis del trabajo de los expertos.

Otra tarea realizada por los expertos fue la identificación de conceptos fundamentales y complementarios que apoyaban la comprensión del concepto biodiversidad. La lista obtenida constituye lo que ellos piensan que debe ser conocido y entendido para comprender qué es la biodiversidad.

Todos los conceptos esbozados, sin excepción, se circunscribieron al dominio específico de la disciplina de la Biología y aportaron detalle a las definiciones dadas por ellos en el ítem anterior.

Se citaron 23 conceptos centrales, de los cuales sólo 5 se repitieron literalmente: adaptación, filogenia, organismos, riqueza de especies y variación genética y fenotípica. Todos los restantes fueron citados en una sola ocasión. No obstante, pudieron establecerse relaciones entre algunos de ellos, cuyo significado era prácticamente el mismo, pero con una denominación particular. Tal fue el caso de los conceptos diversidad y la especificidad de los niveles de organización. En relación con los conceptos complementarios, se obtuvo una lista de 21 conceptos, tres de los cuales se repitieron, mientras el resto presentó el mismo patrón que los conceptos centrales en términos del aporte de detalle. La lista de conceptos centrales y complementarios se consignó en el Apéndice B.

Se observó que algunos conceptos fueron considerados como centrales por unos expertos, mientras otros los consideraban complementarios. En esa condición se presentaron los conceptos: escala, diversidad, hábitat y los referidos a los niveles de organización de la vida. Al presentarse contradicción en la priorización de los conceptos

y consecuentemente, al presentarse una variabilidad importante en la forma en que se graficó el mapa del concepto biodiversidad por parte de los expertos (ver Apéndice M), la producción se validó con uno de los expertos para sintetizar y reorganizar los conceptos centrales y complementarios, quedando como se ilustró en el Apéndice C.

Se definió un concepto central “variación de la vida” y se aportó un desglose de éste con cuatro conceptos trascendentales: cantidad y riqueza, escala y área, variación de forma y función y árbol de la vida. Además, como conceptos complementarios se eligieron ocho: variación intra e inter grupos, especies, endemismo, hábitat, servicios ambientales, erosión, evolución y adaptación.

Del mismo modo se solicitó a los expertos que identificaran la concepción errónea más frecuente y persistente en la comprensión del concepto biodiversidad y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 9
Principales concepciones erróneas sobre el concepto biodiversidad, según expertos

| Concepciones | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|------------|
| Es estática, conocida y restringida a animales y plantas superiores | 1 | 14.3 |
| Más especies constituyen un ecosistema más saludable | 1 | 14.3 |
| No incluir la diversidad funcional | 2 | 28.6 |
| Crear que sólo se refiere al número total de especies de un lugar | 3 | 42.9 |
| Total | 7 | 100.0 |

Se resaltaron dos aspectos. El primero fue la creencia que “la biodiversidad sólo se refiere al número total de especies de un lugar”. Este aspecto pese a que forma parte intrínseca del concepto, si se menciona de manera incompleta denota una comprensión baja del concepto. El segundo fue el concepto “diversidad funcional”, el cual suele estar omiso en las menciones del concepto.

También se consideró la creencia de que una mayor cantidad de especies equivale a una mayor diversidad. Esta concepción está estrechamente relacionada con la omisión del concepto diversidad funcional, ya que no considera las relaciones entre los organismos como un factor de riqueza y diversidad biológicas.

Asimismo, se consideró un grupo de características que las personas utilizan con frecuencia para referirse al concepto biodiversidad. Tal es el caso de incluir en su concepción sólo a las plantas y animales superiores como el conjunto de organismos de un ecosistema, de valorar a simple vista como rica o diversa la abundancia de un lugar, sin considerar la variabilidad de las especies y sus relaciones; y finalmente, la creencia de que la biodiversidad es estática. Sistematizados los conceptos fundamentales, los complementarios y las nociones erróneas, se completaron los elementos para la definición del modelo mental de referencia. El modelo quedó descrito como ilustra la figura 4:

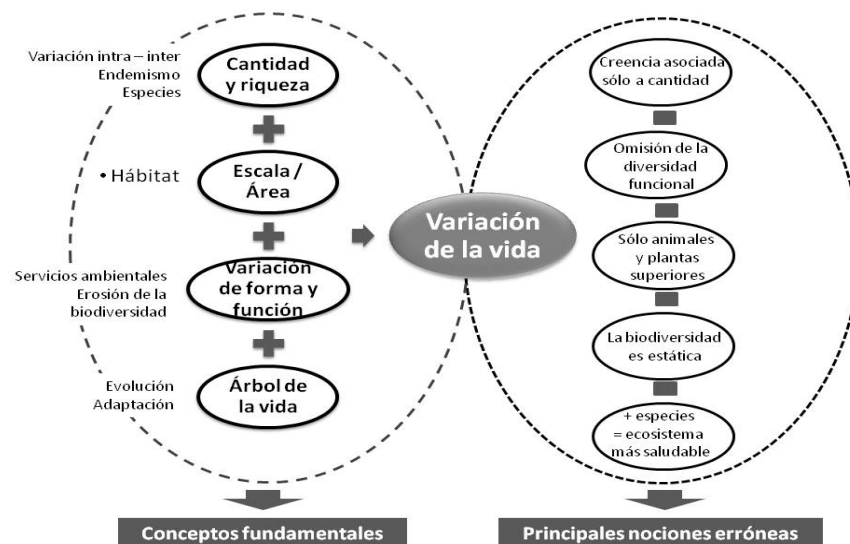


Figura 4, Modelo mental de referencia, construido con criterio experto (Elaborada por la investigadora).

Con base en el modelo se elaboraron dos instrumentos: a) la rejilla para realizar el análisis de contenido de los mapas y esquemas que elaboraron los estudiantes, y b) la prueba de conocimientos contenida en el cuestionario aplicado a ellos. La rejilla se diseñó con base en el sistema categorial depurado que consideró las categorías fundamentales, las subcategorías y las definiciones de éstas. (Ver Apéndice L).

En la prueba de conocimientos (Ver Apéndice G) se incluyeron tres aspectos derivados del modelo. El concepto biodiversidad, el cual se definió de manera incremental, lo que significó que todas las respuestas al ítem eran plausibles, pero una de ellas era más completa que las otras. La noción de diversidad funcional, esbozada a partir de ejemplos concretos en un ecosistema, que solicitaba ser reconocida por los estudiantes y, finalmente, un conjunto básico de características del concepto biodiversidad, que combinó tanto nociones conceptuales inherentes, como algunas concepciones erróneas que debían ser descartadas de la respuesta elegida.

4.1.2. Cambios y progresiones entre los modelos de los estudiantes. Para responder la pregunta guía ¿Hubo o no cambios en el modelo mental de los estudiantes? Si los hubo, ¿Cuáles fueron esos?, se aplicaron dos procedimientos para identificar y analizar los cambios y progresiones presentados antes y después de la intervención educativa: una prueba de conocimientos y la elaboración de un mapa o esquema de conceptos. Cada uno de éstos tuvo dos mediciones, una anterior a la intervención como pre-test y otra posterior, como post-test.

Se presentan los resultados obtenidos en cada procedimiento en el orden en que fueron desarrollados.

4.1.2.1. Prueba de conocimientos. A cada grupo se le aplicó la prueba de conocimientos antes y después de la intervención educativa que experimentó el grupo 1. Para la aplicación se preparó el ambiente de trabajo individual, se leyó a prueba y se contestaron las dudas presentadas por los estudiantes para su realización. Se siguió el mismo procedimiento en ambas aplicaciones. La prueba se calificó y el puntaje final obtenido por cada estudiante se consignó en una base de datos de SPSS. También se consignaron los resultados de cada uno de los tres ítems. Se asignó un valor cero (0), si no se acertó ningún ítem, un tres (3) si se acertó uno de ellos, siete (7) si se acertaron dos de ellos y diez (10) si acertaron los tres ítems. En las tablas 10, 11, 12 y 13 se describe la distribución de frecuencias de los resultados obtenidos en las pruebas por cada grupo en la medición del pre-test y del post-test. Asimismo, se indican las diferencias obtenidas entre las mediciones.

Tabla 10
Distribución de puntajes obtenida en la prueba de conocimientos, según el pre-test y el post-test del grupo 1

| Puntaje | Pre - test | | Post - test | |
|---------|------------|-------|-------------|-------|
| | N | % | N | % |
| 0 | 4 | 25.0 | 2 | 12.5 |
| 3 | 6 | 37.5 | 7 | 43.8 |
| 7 | 5 | 31.3 | 5 | 31.3 |
| 10 | 1 | 6.3 | 2 | 12.5 |
| Total | 16 | 100.0 | 16 | 100.0 |

En la prueba de conocimientos del pre-test un estudiante obtuvo el puntaje máximo y en el post-test lo obtuvieron dos. La cantidad de estudiantes que tuvo dos respuestas correctas se mantuvo estable en ambas mediciones. Seis estudiantes acertaron

un ítem en el pre-test y siete lo hicieron en el post- test. Mientras en la primera medición cuatro estudiantes no acertaron ningún ítem, en la segunda esa cantidad disminuyó la mitad. Como pudo observarse, en el grupo 1 los resultados no se mantuvieron estables, sino que hubo diferencia en los puntajes entre ambas aplicaciones. Esas diferencias se consignan a continuación:

Tabla 11
Distribución de frecuencias, según diferencias del puntaje entre el pre-test y el post-test del grupo 1

| Diferencia | Frecuencia | Porcentaje |
|------------|------------|------------|
| -7 | 1 | 6.3 |
| -3 | 1 | 6.3 |
| 0 | 7 | 43.8 |
| 3 | 5 | 31.3 |
| 4 | 2 | 12.5 |
| Total | 16 | 100.0 |

En la tabla de datos de diferencias del grupo 1 se muestra que siete estudiantes incrementaron sus puntajes en el post-test, siete no presentaron ninguna diferencia entre el puntaje del pre-test y el post-test y dos obtuvieron peores resultados en el post-test.

Los resultados del grupo 2 también presentaron diferencias entre los puntajes obtenidos en el pre-test y el post-test, como lo describe la siguiente tabla de datos:

Tabla 12
Distribución de puntajes obtenida en la prueba de conocimientos, según el pre-test y el post-test del grupo 2

| Puntaje | Pre - test | | Post - test | |
|---------|------------|------|-------------|------|
| | N | % | N | % |
| 0 | 3 | 20.0 | 2 | 13.3 |
| 3 | 7 | 46.7 | 10 | 66.7 |
| 7 | 4 | 26.7 | 3 | 20.0 |

| | | | | |
|-------|----|-------|----|-------|
| 10 | 1 | 6.7 | 0 | 00.0 |
| Total | 15 | 100.0 | 15 | 100.0 |

En la aplicación del pre-test un estudiante obtuvo el puntaje máximo, pero ninguno en el post-test. Cuatro estudiantes obtuvieron dos respuestas correctas en la prueba del pre-test y hubo un incremento de uno en la aplicación del post-test. Siete estudiantes acertaron sólo unos de los ítems en el pre-test y tres en el post-test. Mientras en la primera medición tres estudiantes no acertaron ningún ítem, en la segunda esa cantidad disminuyó en un estudiante. El detalle de las diferencias se describe a continuación:

Tabla 13

Distribución de frecuencias, según diferencias del puntaje entre el pre-test y el post-test del grupo 2

| Diferencia | Frecuencia | Porcentaje |
|------------|------------|------------|
| -7 | 1 | 6.7 |
| -4 | 3 | 20.0 |
| -3 | 2 | 13.3 |
| 0 | 5 | 33.3 |
| 3 | 2 | 13.3 |
| 4 | 1 | 6.7 |
| 7 | 1 | 6.7 |
| Total | 15 | 100.0 |

De acuerdo con los datos de la tabla anterior cuatro estudiantes del grupo 2 incrementaron sus puntajes en el post-test, cinco no presentaron ninguna diferencia entre el puntaje del pre-test y el post-test y seis obtuvieron peores resultados en el post-test.

4.1.2.2. Mapas de conceptos. Cada estudiante elaboró dos mapas o esquemas de conceptos conforme se ilustra en el Apéndice H, uno como parte del pre-test y otro en el post-test. Para el análisis de los mapas se utilizó el análisis de contenido, como fue

descrito en la sección anterior y los resultados se consignaron en la rejilla de análisis (ver Apéndice L).

Del mapa elaborado individualmente por los estudiantes de cada grupo se extrajeron los conceptos seleccionados por cada quien (ver Apéndices N y O). Las listas individuales se indexaron a una base de datos para obtener un listado grupal y una distribución de frecuencias para cada grupo (ver Apéndice P). La lista grupal se recodificó para subsumir aquellos conceptos iguales que se expresaron con palabras distintas y los que tenían un mismo sentido. Por ejemplo, los conceptos hábitat, lugar y bosque que en los mapas tenían el mismo sentido. De la síntesis se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 14 y 15. En las tablas se destacaron con letra negrita los valores de la frecuencia de los conceptos que presentan correspondencia con el modelo de referencia, tanto en el pre-test, como en el post-test de cada grupo.

Tabla 14

Lista de conceptos señalados en pre-test y post-test por estudiantes del Grupo 1, según variable recodificada

| Conceptos | Pre-test | | Post-test | |
|-------------------------|-----------|------|-----------|------|
| | N | % | N | % |
| Alimento | 3 | 2.6 | 3 | 2.5 |
| Animales | 37 | 31.9 | 33 | 27.7 |
| Beneficio | 1 | 0.9 | 0 | 0.0 |
| Cantidad | 2 | 1.7 | 4 | 3.4 |
| Célula | 1 | 0.9 | 1 | 0.8 |
| Clima | 2 | 1.7 | 2 | 1.7 |
| Crecimiento | 1 | 0.9 | 0 | 0.0 |
| Cuido | 1 | 0.9 | 0 | 0.0 |
| Determinación biológica | 0 | 0.0 | 1 | 0.8 |
| Dosel | 0 | 0.0 | 1 | 0.8 |
| Ecosistema | 8 | 6.9 | 8 | 6.7 |
| Especie | 11 | 9.5 | 11 | 9.2 |
| Función | 1 | 0.9 | 4 | 3.4 |
| Lugar/hábitat | 13 | 11.2 | 11 | 9.2 |
| Luz solar | 0 | 0.0 | 1 | 0.8 |
| Oxígeno | 0 | 0.0 | 1 | 0.8 |
| Partícula | 1 | 0.9 | 1 | 0.8 |
| Persona | 2 | 1.7 | 3 | 2.5 |

| | | | | |
|---------------|-----------|-------|-----------|-------|
| Plantas | 21 | 18.1 | 21 | 17.6 |
| Relaciones | 0 | 0.0 | 2 | 1.7 |
| Reproducción | 2 | 1.7 | 1 | 0.8 |
| Supervivencia | 1 | 0.9 | 1 | 0.8 |
| Tierra | 1 | 0.9 | 0 | 0.0 |
| Variedad | 4 | 3.4 | 6 | 5.0 |
| Vida | 3 | 2.6 | 3 | 2.5 |
| Total | 116 | 100.0 | 119 | 100.0 |

En el pre-test se obtuvieron 116 conceptos y en el post-test ese número se incrementó en tres menciones. La distribución de los conceptos centrales fue similar en ambas mediciones. Es importante aclarar que en esta tabla se pierde la información referida a los cambios observados en cada estudiante, los cuales se retoman más adelante.

En la lista se pudieron observar algunas diferencias como la aparición de los conceptos “determinación biológica” y “relaciones” en el post-test. Así también, el incremento de frecuencia para los conceptos “cantidad” y “variedad”. Una situación parecida se muestra en los datos del grupo 2:

Tabla 15

Lista de conceptos señalados en pre-test y post-test por estudiantes del Grupo 2, según variable recodificada

| Conceptos | Pre-test | | Post-test | |
|---------------------|-----------|------|-----------|------|
| | N | % | N | % |
| Alimento | 1 | 1.2 | 3 | 3.2 |
| Animales | 25 | 30.9 | 22 | 23.4 |
| Cantidad | 5 | 6.2 | 5 | 5.3 |
| Características | 1 | 1.2 | 0 | 0.0 |
| Célula | 0 | 0.0 | 1 | 1.1 |
| Clima | 3 | 3.7 | 3 | 3.2 |
| Condiciones de vida | 1 | 1.2 | 0 | 0.0 |
| Cuido | 1 | 1.2 | 0 | 0.0 |
| Ecosistema | 4 | 4.9 | 2 | 2.1 |
| Especie | 4 | 4.9 | 8 | 8.5 |
| Evolución | 0 | 0.0 | 1 | 1.1 |
| Familia | 1 | 1.2 | 1 | 1.1 |
| Función | 0 | 0.0 | 1 | 1.1 |
| Lugar/hábitat | 12 | 14.8 | 11 | 11.7 |
| Persona | 3 | 3.7 | 9 | 9.6 |

| | | | | |
|--------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| Plantas | 11 | 13.6 | 18 | 19.1 |
| Relaciones | 2 | 2.5 | 0 | 0.0 |
| Riqueza/abundancia | 0 | 0.0 | 1 | 1.1 |
| Tierra/Suelo | 0 | 0.0 | 1 | 1.1 |
| Variedad | 3 | 3.7 | 4 | 4.3 |
| Vida | 4 | 4.9 | 3 | 3.2 |
| Total | 81 | 100.0 | 94 | 100.0 |

En el pre-test se obtuvieron 81 conceptos y en el post-test ese número se incrementó a 94. En el post-test se observaron algunas diferencias, tales como: el aumento de frecuencia de los conceptos “persona” y “especie”, la pérdida de los conceptos “condiciones de vida” y “relaciones”; y la aparición de los conceptos “evolución”, “riqueza/abundancia” y “función”.

Al hacer el análisis de los resultados de cada uno de los estudiantes de los grupos, se obtuvo información más detallada de los cambios producidos entre la medición del pre-test y el post-test. En este caso se comparó únicamente la lista de conceptos coincidente con el modelo de referencia. Se consignó la cantidad de conceptos coincidentes y en los casos en que no se encontró ninguna coincidencia se consignó el numeral cero (0). Luego, para obtener la diferencia de las mediciones, se restó la cantidad indicada en el pre-test a la correspondiente del post-test.

Los datos de los estudiantes del grupo 1 se muestran en la tabla 16.

Tabla 16
Distribución de puntajes del análisis de contenido de la elaboración del mapa de conceptos para estudiantes del grupo 1

| Estudiante | Conceptos estudiante/referencia | | | Presencia de nociones erróneas | | | Total |
|------------|------------------------------------|------|------------|-----------------------------------|------|------------|-----------|
| | Pre | Post | Diferencia | Pre | Post | Diferencia | |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 |
| 2 | 1 | 0 | -1 | 3 | 3 | 0 | -1 |
| 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 5 |

| | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|---|----|----|
| 4 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | -1 | 0 |
| 6 | 4 | 3 | -1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | -1 | 2 | 3 | -1 | -2 |
| 8 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 10 | 2 | 0 | -2 | 2 | 3 | -1 | -3 |
| 11 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 12 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 13 | 3 | 2 | -1 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 4 |
| 15 | 3 | 5 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 16 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |

En relación con el contraste efectuado entre la cantidad de conceptos citados por cada estudiante y el modelo de referencia, resultó que 5 estudiantes obtuvieron una diferencia negativa entre las medidas del pre-test y el post-test, 2 se mantuvieron estables y 9 mostraron una diferencia positiva.

La figura 5 favorece la observación del comportamiento de los datos correspondientes a cada estudiante en cada medición:

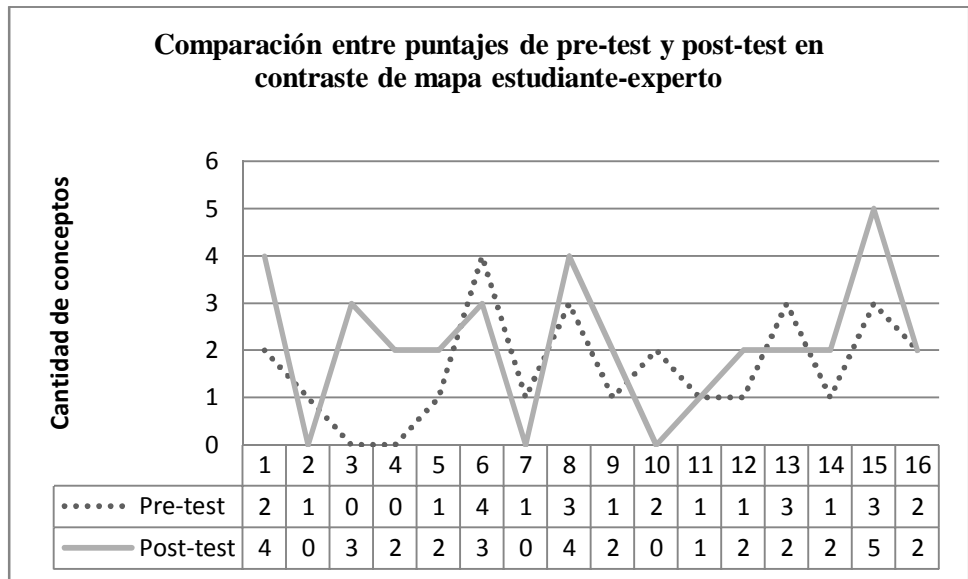


Figura 5, Comparación de la cantidad de conceptos coincidentes con el modelo experto para estudiantes del grupo 1 (Elaborada por la investigadora).

Pudo observarse que dos estudiantes mostraron los cambios más significativos. El estudiante 3 tuvo una progresión de 3 conceptos coincidentes, mientras el estudiante 10, después de tener dos coincidencias las perdió en el post-test. Además, la mayoría de los estudiantes mostró una progresión o mantuvo el puntaje obtenido en el pre-test.

Al revisar el comportamiento de los datos en relación con la presencia de concepciones erróneas, se obtuvo que sólo 3 estudiantes, que representan el 18.7%, presentaron una diferencia negativa, lo que significa que disminuyó su presencia en el post-test.

Los resultados se pueden visualizar en la siguiente figura:

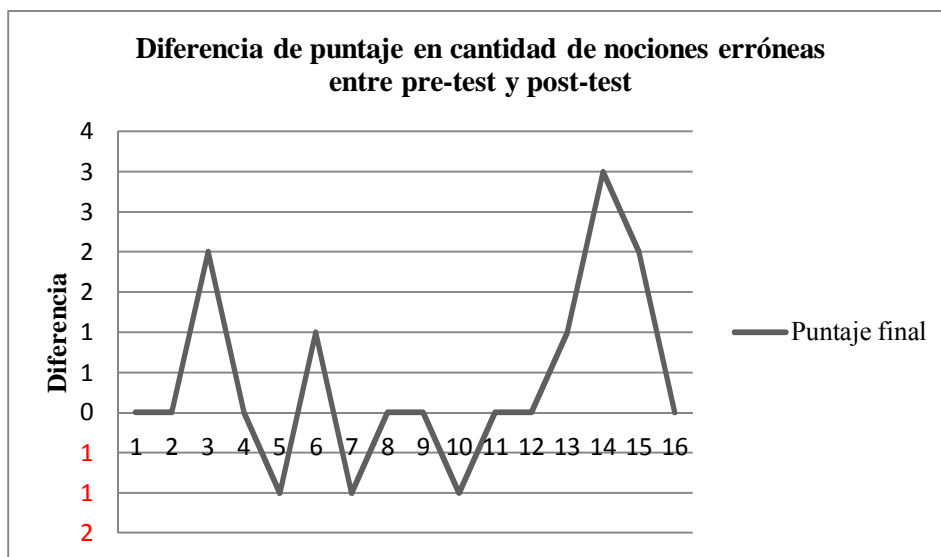


Figura 6, Comparación de diferencias del puntaje obtenido en la valoración de nociones erróneas en el mapa de estudiantes del grupo 1 (Elaborada por la investigadora).

Al contrastar la diferencia general, obtenida por la suma de las diferencias del pre-test y el post-test, con los resultados de cada una de éstas, se observó que tres

estudiantes mostraron un retroceso posterior a la intervención educativa. A pesar de que los restantes trece estudiantes del grupo mostraron una diferencia positiva entre las dos mediciones, sólo el estudiante 14 reportó incremento en cada medida. El detalle se puede observar en la figura que sigue:

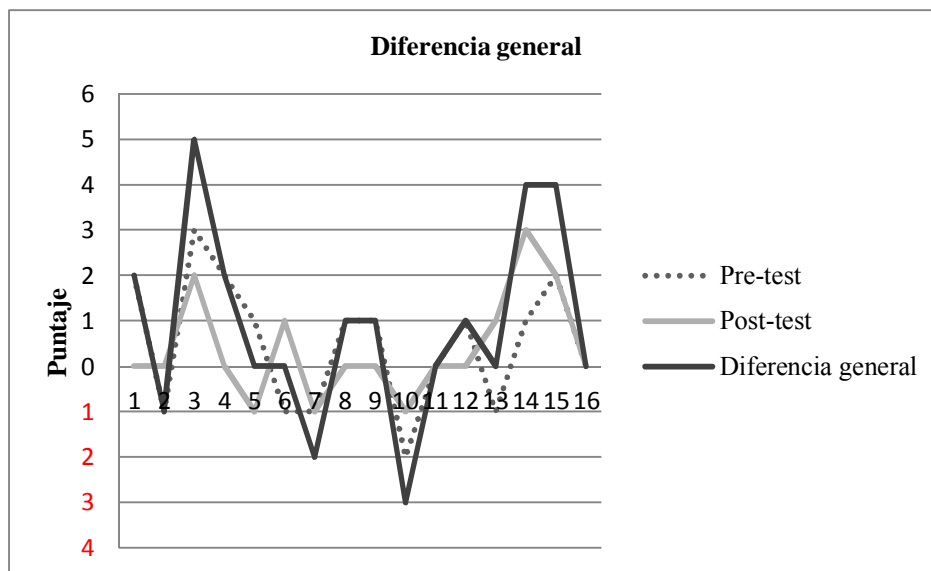


Figura 7, Comparación de diferencias del grupo 1 (Elaborada por la investigadora).

En el contraste efectuado entre la cantidad de conceptos citados por cada estudiante y el modelo de referencia, en el grupo 2 se observó que sólo 2 estudiantes obtuvieron una diferencia negativa entre las medidas del pre-test y el post-test, 9 se mantuvieron estables y 4 mostraron una diferencia positiva, como se detalla en la tabla 17.

Tabla 17

Distribución de puntajes del análisis de contenido de la elaboración del mapa de conceptos para estudiantes del grupo 2

| Estudiante | Conceptos estudiante/referencia | | | Presencia de nociones erróneas | | | Total |
|------------|------------------------------------|------|------------|-----------------------------------|------|------------|-----------|
| | Pre | Post | Diferencia | Pre | Post | Diferencia | |
| 1 | 3 | 1 | -2 | 2 | 3 | -1 | -3 |
| 2 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 6 | 4 | 4 | 0 | 1 | 3 | -2 | -2 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 8 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 11 | 4 | 3 | -1 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 12 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | -1 | 1 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 14 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |

De los datos se concluyó que el estudiante 12 fue el que mostró la mayor progresión y el estudiante 1 fue el que mostró el mayor retroceso. En este grupo la mayoría de los estudiantes mostró una progresión mínima en el post-test o mantuvo el puntaje obtenido en el pre-test. La figura 8 favorece la observación del comportamiento de los datos correspondientes a cada estudiante en cada medición.

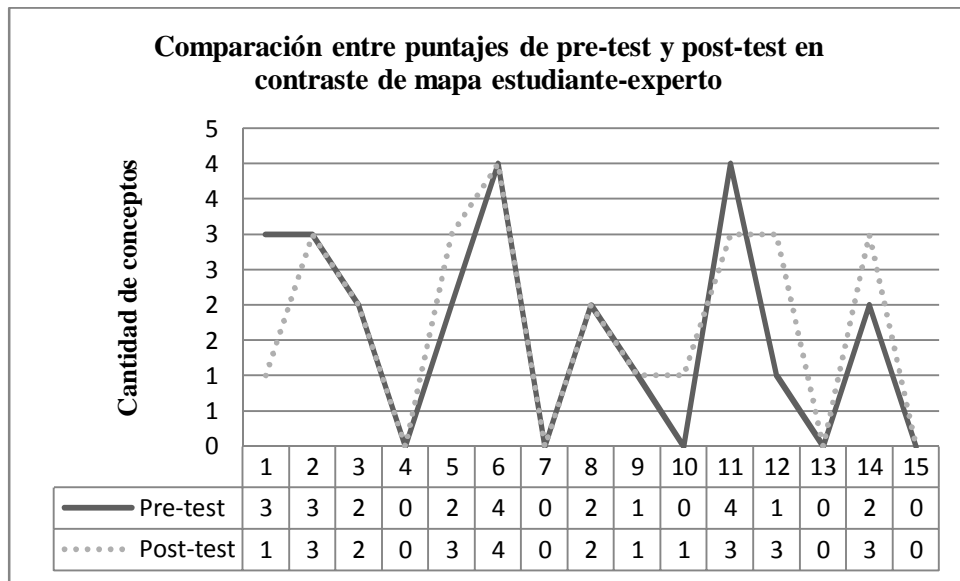


Figura 8, Comparación de la cantidad de conceptos coincidentes con el modelo experto para estudiantes del grupo 2 (Elaborada por la investigadora).

Al revisar el comportamiento de los datos en relación con la presencia de concepciones erróneas, 3 estudiantes obtuvieron una diferencia negativa, 7 mantuvieron el mismo puntaje en ambas pruebas y 5 mejoraron, como se muestra en la figura que ilustra los resultados.

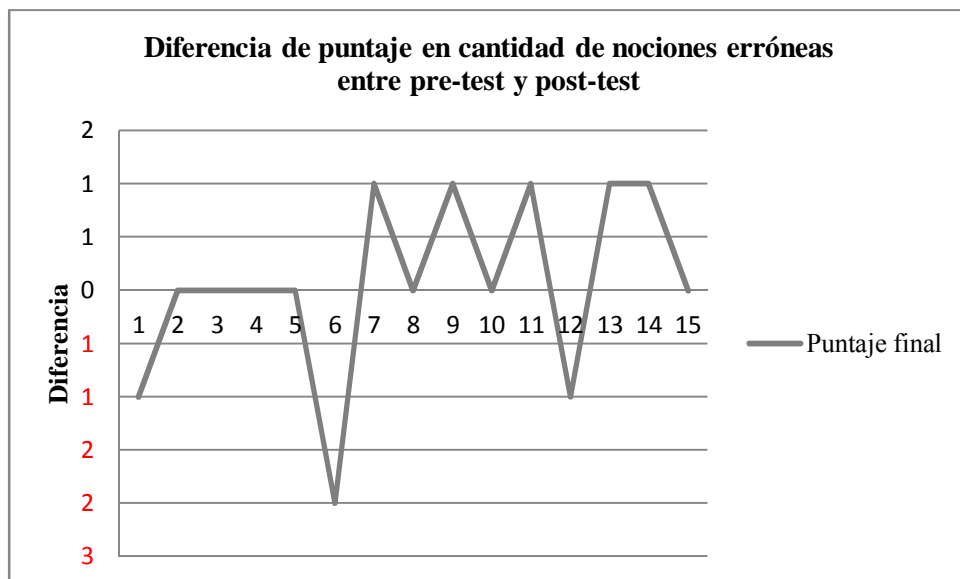


Figura 9, Comparación de diferencias del puntaje obtenido en la valoración de nociones erróneas en el mapa de estudiantes del grupo 2 (Elaborada por la investigadora).

Al contrastar la diferencia general, obtenida por la suma de las diferencias del pre-test y el post-test del grupo 2, con los resultados de cada una de éstas, se observó que dos estudiantes mostraron un retroceso y seis mantuvieron la misma puntuación. Los otros seis obtuvieron una diferencia positiva entre las dos mediciones, pero sólo tres de ellos, los estudiantes 7, 9 y 13 reportaron incremento en cada medida. El detalle se puede observar en la figura que sigue:

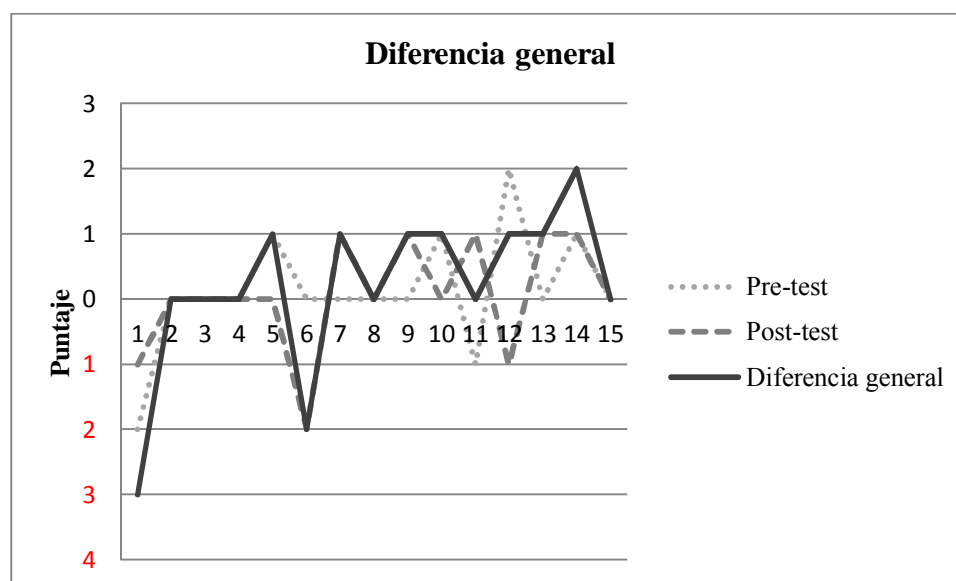


Figura 10, Comparación de diferencias del grupo 2 (Elaborada por la investigadora).

4.1.3. Significancia de los cambios. Fundamentado en el grupo de datos descritos en el apartado anterior, se realizaron análisis comparativos cuantitativos y cualitativos para determinar la significancia de los cambios observados en cada grupo y entre ambos. La pregunta orientadora del análisis efectuado con ese propósito fue: ¿Qué tan

significativos fueron los cambios? Los resultados se presentan de acuerdo con los dos procedimientos básicos utilizados para obtener la información objetiva.

4.1.3.1. Prueba de conocimientos. Se aplicó una prueba T de Student para comparar los puntajes obtenidos en la prueba del pre-test y el post-test en cada grupo. Se propusieron las siguientes hipótesis: Hipótesis nula. H_0 : No hay diferencia significativa de puntajes antes y después de la intervención educativa. ($H_0: \mu_2 - \mu_1 = 0$). Hipótesis alternativa. H_1 : Los puntajes antes y después de la intervención educativa son significativamente diferentes. ($H_1: \mu_2 - \mu_1 \neq 0$).

Para la prueba se definió un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0.05$). En todos los casos se asumió que las muestras estaban correlacionadas y distribuidas normalmente. La primera consideración fue apropiada al tipo de diseño que siguió la investigación, pues se hizo una lectura en los puntajes de los mismos sujetos antes y después de la introducción de la variable experimental o intervención pedagógica, en este caso particular. Se corrió una prueba bilateral utilizando las funcionalidades del SPSS 20. Se obtuvieron los siguientes datos para las muestras pareadas:

Tabla 18
Valor observado de la T de Student para la comparación del puntaje del pre-test y el post-test, según grupo

| Grupos | | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. (2-tailed) | |
|----------------|--------|--------------------|---------|-----------------|---|--------|-------|--------|-----------------|------|
| | | Mean | Std. D. | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference | | | | | |
| | | | | | Lower | Upper | | | | |
| Sin hipermedia | Pair 1 | Pretest - Posttest | .533 | 3.720 | .960 | -1.527 | 2.593 | .555 | 14 | .587 |
| Con hipermedia | Pair 1 | Pretest - Posttest | -.813 | 2.880 | .720 | -2.347 | .722 | -1.128 | 15 | .277 |

En el grupo 1 (con hipermedia), el valor observado de t fue -1.128, mientras el valor crítico de t al 0,05 de intervalo de confianza es ± 2.131 con 15 grados de libertad, por lo que había evidencia para rechazar la hipótesis nula. Eso significó que se podían establecer diferencias entre el desempeño del pre-test y el post-test de los estudiantes de ese grupo.

En relación con los resultados del grupo 2 (sin hipermedia), se obtuvo que el valor observado de t fue 0.55, mientras el valor crítico de t al 0,05 de intervalo de confianza era ± 2.145 con 14 grados de libertad, por lo que no había evidencia para rechazar la hipótesis nula. Lo anterior se interpretó como que no había evidencia de diferencias significativas entre los puntajes obtenidos por los estudiantes en el pre-test y el post-test.

También se aplicó un análisis de la varianza con prueba de hipótesis para evaluar si la intervención pedagógica tuvo efecto sobre la prueba de conocimientos. Para esto sólo se compararon los resultados obtenidos por ambos grupos en el post-test. La intención fue minimizar el efecto del error estadístico sobre el resultado.

Se propusieron las siguientes hipótesis para evaluar los resultados:

Hipótesis nula. H_0 : El resultado del grupo 1 (con hipermedia) es mayor que el obtenido por el grupo 2 (sin hipermedia). ($H_0: \mu_2 - \mu_1 > 0$).

Hipótesis alternativa. H_1 : No hay diferencia entre los resultados obtenidos por los grupos. ($H_1: \mu_2 - \mu_1 = 0$).

Para la prueba se definió un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0.05$). Se efectuó una prueba ANOVA de un factor (*One way*) para muestras independientes, utilizando las funcionalidades del SPSS 20. Los resultados se describen a continuación:

Tabla 19

Valor observado de F para la comparación del puntaje del post-test entre grupos 1 y 2

| ANOVA/One way | | | | | |
|----------------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 14.110 | 1 | 14.110 | 1.943 | .174 |
| Within Groups | 210.600 | 29 | 7.262 | | |
| Total | 224.710 | 30 | | | |

Se obtuvo un valor observado de F de 1.943 y se tiene que el valor crítico de F en el intervalo de confianza del 95 % (α : 0.05) con 1/29 grados de libertad es 4.38. Dado que se obtuvo $1.943 < 4.38$, no había evidencia para rechazar la hipótesis nula. Lo anterior significa que el resultado del post-test es significativamente mayor en el grupo 1 (con hipermedia) y que la intervención educativa parece haber tenido un efecto positivo. Los resultados en el post-test de cada estudiante se pueden observar en el gráfico del Apéndice R.

4.1.3.2. Mapa mental. Con el propósito de valorar si hubo cambios en la elaboración de los mapas entre los grupos, se compararon las diferencias entre el pre-test y el post-test de cada uno. Se creó una escala para dar peso a los puntajes de la diferencia y poder comparar, estableciendo un intervalo con un valor descriptivo, como se observa en siguiente tabla:

Tabla 20

Descripción de la escala utilizada para comparar las diferencias entre grupos

| Intervalo de diferencias | Valor asignado en escala | Descripción |
|--------------------------|--------------------------|---|
| 3 a 5 | 2 | Nivel Medio Incremento medio del modelo personal, respecto al modelo de referencia. |
| 1 a 2 | 1 | Nivel Básico Incremento leve del modelo personal, respecto al modelo de referencia. |
| 0 | 0 | Invariable No reporta diferencias. |
| -1 a -2 | -1 | Nivel Bajo Disminución leve del modelo personal, respecto al modelo de referencia |
| -3 a -5 | -2 | Nivel muy bajo Disminución media del modelo personal, respecto a modelo de referencia. |

La escala se construyó arbitrariamente con base en 12 conceptos presentes en el modelo de referencia y los valores obtenidos por los estudiantes. Se consideró que un modelo alto para un estudiante por lo menos debía tener el 50% de los conceptos reseñados en el modelo experto, teniendo en cuenta que una proporción mayor de conceptos presentes en el modelo de referencia se estudia a lo largo de su vida escolar. Dados los valores obtenidos por los estudiantes, se omitieron valores altos en la escala.

Los resultados obtenidos se describen en el siguiente gráfico:

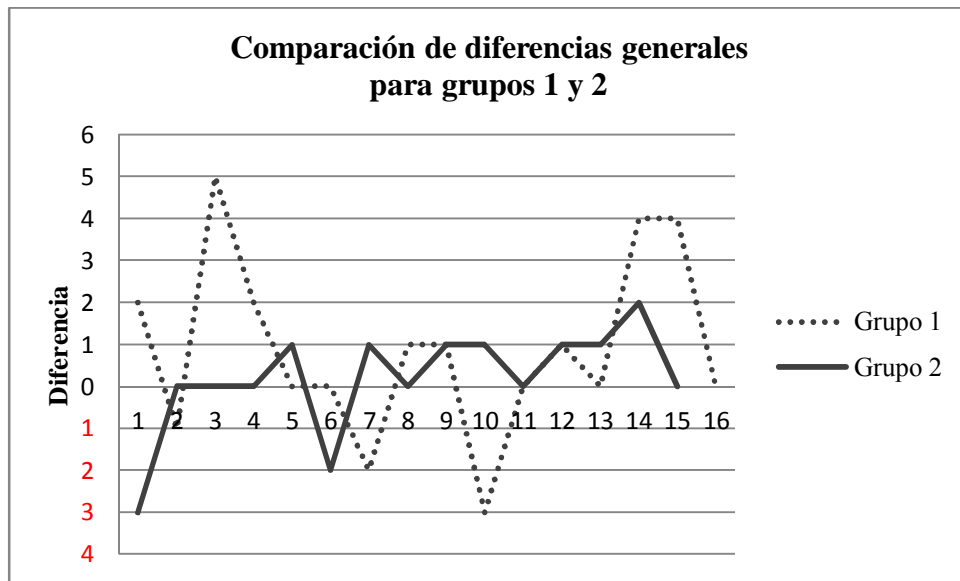


Figura 11, Comparación de diferencias generales para los grupos 1 y 2 (Elaborada por la investigadora).

Se observó que la proporción de diferencias negativas fue 2:3 a favor del grupo 2.

No obstante, el grupo 1 logró diferencias positivas más altas que el grupo 2: 5

estudiantes puntuaron por arriba de 1 punto de diferencia, mientras que en el grupo 2 sólo un estudiante se ubicó en ese punto de la escala.

La distribución de frecuencias puede observarse en la tabla siguiente:

Tabla 21

Distribución de diferencias de puntajes y valores finales entre Pre-test y Post-test para grupos 1 y 2

| Grupo 1 | | Grupo 2 | |
|------------|-------|------------|-------|
| Diferencia | Valor | Diferencia | Valor |
| 2 | 1 | -3 | -2 |
| -1 | -1 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | -2 | -1 |
| -2 | -1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| -3 | -2 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 2 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | | |
| <hr/> | | <hr/> | |
| | 7/16 | | 4/15 |
| $\Sigma = 14$ | $\mu = 0.44$ | $\Sigma = 3$ | $\mu = 0.27$ |

En la columna derecha de cada uno de los grupos se observa la transformación del puntaje de la diferencia al valor de la escala arbitraria basada en intervalos que permitió obtener un promedio comparable entre los grupos, ya que de otra manera la cantidad de valores 0 afectaría el contraste de manera falaz.

Según eso la distribución de la comparación final se consignó del modo que sigue:

Tabla 22

Distribución de puntajes, según valores de la escala de nivel de comprensión conceptual

| Escala | | Grupo 1 | | Grupo 2 | |
|--------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Nivel | Valor | N | % | N | % |
| Nivel medio | (2) | 3 | 18.7 | 0 | 0.0 |
| Nivel básico | (1) | 5 | 31.2 | 7 | 46.7 |
| Invariante | (0) | 5 | 31.2 | 6 | 40.0 |
| Nivel bajo | (-1) | 3 | 18.7 | 2 | 13.3 |
| Total | | 16 | 100.0 | 15 | 100.0 |

La escala fue equiparada con el nivel de comprensión del concepto biodiversidad reflejado. Una diferencia con valor -1 asignado en la escala se asumió como un decrecimiento del nivel de comprensión del concepto. Un valor 1, como un incremento básico de comprensión conceptual y un valor 2 como un incremento a nivel medio de comprensión. Dado que los valores provenían de la diferencia entre el pre-test y el post-test, se pudo afirmar que denotaban cambio (progresión) comprensiva. De acuerdo con la escala, el porcentaje de estudiantes que decreció en su nivel comprensivo en el post-test fue menor en el grupo 2 que en el 1. En contraste, un 18.7% de estudiantes

incrementó su comprensión hacia un nivel medio en el grupo 1, mientras eso no ocurrió en el grupo 2. El porcentaje de estudiantes que se mantuvieron con una diferencia invariable fue mayor en el grupo 2 (40%) que en el grupo 1 (31.2%).

4.1.4. Implicaciones derivadas. Uno de los objetivos que se para la realización de la investigación fue indagar sobre las implicaciones que tiene el trabajo con modelos mentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ciencia y las implicaciones del uso de hipermedia educativa en el mismo contexto. Este apartado se orienta con la pregunta guía: ¿Qué implicaciones se pueden derivar?

Para apoyar el análisis de implicaciones se realizaron tres tareas: 1) El análisis de la unidad didáctica y el hipermedia que se utilizaron como recursos didácticos en la intervención educativa. 2) La observación de la mediación de la profesora. 3) Las acciones de los estudiantes mientras exploraron el recurso hipermedia. Los resultados se presentan conforme la mención anterior.

4.1.4.1. Análisis de la unidad didáctica y el recurso hipermedia. La unidad didáctica utilizada en la intervención educativa fue diseñada por el biólogo experto a cargo del desarrollo de Dosel en las Nubes y traducida por la investigadora para propósitos de investigación. (Ver Apéndice E)

En la unidad se identificaron tres secciones bien definidas: la introducción que presenta y documenta el concepto biodiversidad, el desarrollo que revisa conceptos complementarios y enfatiza en la posibilidad de medir la biodiversidad de un lugar, solicitando a los estudiantes la construcción de un método para hacerlo en la práctica; y el cierre donde se interrogan las comprensiones adquiridas, se evalúa el aprendizaje y se invita a continuar aprendiendo sobre el tema.

Asimismo, se reconoció que brinda una serie de orientaciones didácticas y de conceptos para guiar el trabajo de la profesora. Se revisó el itinerario de aprendizaje propuesto y se pudieron identificar al menos cuatro tipos de estrategias metodológicas: 1) el discurso explicativo de la profesora, 2) la exploración del hipermedia con explicaciones complementarias provenientes del científico a través de los vídeos, 3) la construcción y validación de teorías, basadas en el intercambio entre pares; y 4) la aplicación de conceptos estudiados en contextos prácticos.

En la figura 12 se describe el itinerario de aprendizaje:

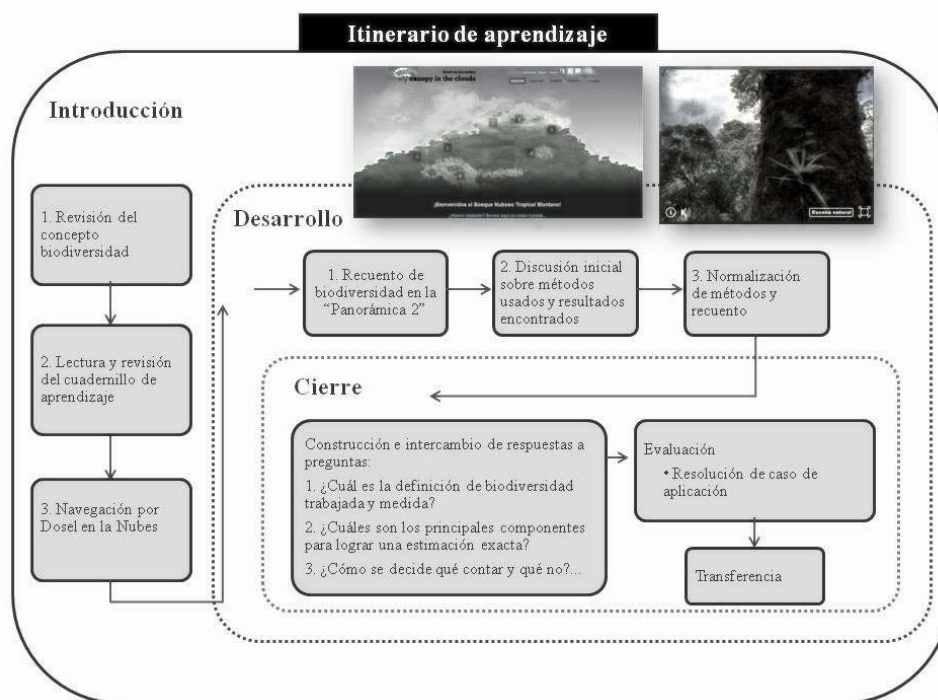


Figura 12, Itinerario de aprendizaje de la unidad didáctica utilizada en la intervención educativa.

En el hipermedia, se analizaron fundamentalmente dos aspectos que podían tener una incidencia en las acciones de aprendizaje de los estudiantes: la organización del

contenido y la estructura de navegación. En relación con la organización del contenido se destacó la naturaleza científica y el uso de lenguaje apropiado para la edad de los jóvenes. Se identificaron varios tipos de contenido: 1) El contenido conceptual teórico localizado en la sección “Aprender”. 2) El contenido audio-visual interactivo de la sección “Explorar” y de la navegación por los ambientes numerados en la imagen de entrada. 3) El contenido didáctico ubicado en las secciones “Enseñar” y “Materiales” y 4) La conexión a redes de intercambio de la sección “Expertos”. En cada sección se valoró positivamente la organización del contenido y la redundancia por multiplicidad de medios. El contenido visual en tercera dimensión se valoró muy positivamente, ya que posibilita la recreación del entorno natural en el medio digital.

De acuerdo con los estándares de organización de contenido en los hipertextos, pudo observarse que Dosel en las Nubes combina tanto la organización flexible como la que sugiere el menú y la figura de entrada al sitio, como la organización jerárquica señalada con números que sugieren un orden de navegación.

En relación con la estructura de navegación del área de trabajo que se utilizó en el desarrollo de la unidad didáctica, pudo observarse que se requiere navegar por cinco niveles para localizar el recurso específico de aprendizaje (Ver Apéndice Q).

En el nivel 2 se identificaron siete opciones de elección. El ejercicio de la unidad didáctica indica claramente que deberá seleccionarse la opción 2, pero se valoró que la multiplicidad de opciones que podrían distorsionar la meta de navegación. A partir del nivel 3 todos los recursos están direccionados a profundizar, ampliar o apoyar el aprendizaje relacionado con el bosque de altura media. Se observó que el nivel 5 volvía a abrir múltiples opciones, pero esta vez la navegación por todas ellas se realizaba

dentro del mismo ambiente, por tratarse de una panorámica en tercera dimensión que permitía la observación del bosque desde el suelo hasta el dosel. En este caso, la variedad se valoró pertinente, porque el ejercicio de la unidad didáctica invita a los estudiantes a seleccionar un fragmento de la imagen para realizar las mediciones y ello contribuye con que los estudiantes puedan elegir el que más les gusta o interesa.

4.1.4.2. La mediación pedagógica de la profesora. De acuerdo con la observación realizada de la mediación pedagógica de la profesora durante la intervención educativa, la mayor parte del tiempo ella se apegó al guión establecido en la unidad didáctica. Utilizó la exposición magistral para introducir el tema y muy brevemente al momento del cierre. Hizo una demostración introductoria con el hipermedia y mostró a los estudiantes cómo navegar por los lugares que debían visitar en la situación de aprendizaje.

La estrategia de intercambio que utilizó con mayor frecuencia fue la resolución de consultas grupales para apoyar a los estudiantes con asuntos técnicos de manejo del *software*. Fue infrecuente que hiciera acercamientos para revisar conceptos, en cambio dejó que los estudiantes hicieran trabajo independiente. Lo anterior provocó que en algunos casos los estudiantes navegaran abiertamente por la aplicación sin seguir la consigna de aprendizaje.

Utilizó los espacios de intercambio planeados para contrastar los trabajos y conclusiones de los estudiantes, dejando que ellos decidieran por la mejor opción. No guió el trabajo hacia la consecución de los resultados esperados o confrontó las conclusiones de los estudiantes con la información provista en la página introductoria de su cuadernillo de trabajo.

Se presentaron dificultades con la conexión a Internet, por lo que debió resolver los tiempos de espera de los estudiantes aprovechando las computadoras que permanecieron conectadas. Los vídeos de la aplicación demandaron más ancho de banda en la conexión a Internet y ese hecho dificultó una navegación fluida de algunos estudiantes, por lo que la dificultad técnica retrasó la navegación efectiva y la realización fluida de la guía de aprendizaje.

Al ser consultada mediante entrevista posterior a la implementación de la unidad, (ver Apéndice I), la profesora valoró que: “La guía didáctica concretiza bien una definición de biodiversidad que abarca tanto la riqueza de especies como las interrelaciones o roles que cumplen las especies en un ecosistema, así como el por qué es importante hacer mediciones de biodiversidad (Esta parte nos dice el qué y para qué del nuevo conocimiento). Luego ubica al lector específicamente en la realidad de un sector de nuestro bosque nuboso, y en una clase de planta inmersa en un ecosistema.” Asimismo, ella considera que “la intervención teórica prepara al estudiante al trabajo de campo que debe de realizar con el software”. Para ella las instrucciones que se dan son precisas y facilitan el uso del *software*.

Destaca que una ventaja que ofrece la unidad didáctica es que “los estudiantes deben de intuir formas de clasificar las plantas para realizar el conteo y al final se divulgan y comparten los datos obtenidos. Se abre un espacio de reflexión y se promueve la utilización de medidas promedio que nos brinden datos más cercanos a una realidad.” Lo anterior apoya la comprensión de conceptos científicos, mediante un ejercicio de construcción de hipótesis y métodos.

A pesar de que la profesora valora positivamente tanto el componente teórico-científico, como el tecnológico provisto por el hipermedia, argumenta que el ejercicio de aprendizaje fortalece la idea de que la biodiversidad es sólo la cantidad de especies, ya que no aborda suficientemente claro el concepto “diversidad funcional” que es la otra parte fundamental que constituye el concepto, por lo que a su juicio, el ejercicio práctico consolida esa concepción errónea: “A mi criterio la unidad explora poco la diversidad funcional y se enfoca en el concepto más concreto de biodiversidad, entendido como variedad de especies, por lo que en primer momento es posible que el estudiante siga manejando la idea de biodiversidad como conteo de especies”.

Otro aspecto que resalta para ser revisado es la complejidad que supone hacer un conteo de diferentes especies de plantas cuando en la imagen existe una gran aglomeración de éstas. Aunque reconoce que así es en la realidad, considera que para efectos de aprendizaje y con propósitos didácticos, debería prepararse un ejemplo que permita a los estudiantes realizar la tarea con precisión y aprehender los conceptos de manera clara.

4.1.4.3. Las acciones de navegación y exploración de los estudiantes. Se observó el trabajo de un grupo de estudiantes con énfasis en las estrategias de aprendizaje que utilizaban, la frecuencia de uso y la efectividad que lograban, según se detalla en el Apéndice S.

Se concluyó que los estudiantes combinaron con mayor frecuencia la navegación sin plan con el seguimiento de instrucciones. A pesar de que contaban con una guía de trabajo, en varias oportunidades navegaron sin plan por otros apartados del hipermedia.

Un aspecto que llamó la atención fue el hecho de que los estudiantes prefirieran omitir la observación del vídeo introductorio. Ese material contenía la revisión de conceptos clave, pero ellos fueron a hacer la tarea a expensas de la revisión conceptual.

Otra situación frecuente fue que se mantuvieran mucho tiempo de la situación de aprendizaje explorando la imagen interactiva en tercera dimensión sin hacer la tarea de conteo, sino más bien jugando con ésta. La imagen es muy atractiva y los desenfocó de la meta didáctica. La secuencia de acciones realizada por ellos se ilustra en el gráfico del Apéndice S.

4.2. Análisis de resultados

Se analizan los resultados en relación con la teoría revisada y la evidencia obtenida en la aplicación de los distintos procedimientos empleados en el proceso de recaudo de datos.

4.2.1. Cambios y progresiones entre modelos de los estudiantes. El hallazgo fundamental fue la confirmación de la existencia de cambios en los modelos mentales de los estudiantes. Según los datos encontrados hubo cambios tanto en las mediciones del pre-test y el post-test de cada grupo, como al comparar los resultados entre éstos.

Después de analizar la naturaleza y la frecuencia de los cambios observados en los resultados de la aplicación de la prueba de conocimientos y en la elaboración del mapa de conceptual, se determinó clasificarlos en dos tipos: los aditivos y los de profundización. Los primeros mucho más frecuentes que los segundos.

4.2.1.1. Cambios aditivos. Se denominó con esta categoría a las progresiones observadas en los cuales el cambio se explicó por la adición de algunos de los conceptos centrales o complementarios presentes en el modelo de referencia.

El grupo 1 la adición conceptual incrementó en un 30%, al incluirse cuatro conceptos fundamentales. No obstante, en la métrica individual ese incremento significó el 56.2%, dado que nueve estudiantes mostraron adición conceptual, de conceptos clave, en el post-test. En la comparación de nociones erróneas incluidas en el modelo, se observó una diferencia global positiva del 81.2%%, lo que significó una disminución de presencia de nociones erróneas en el modelo de los estudiantes. En el grupo 2, por su parte, la adición conceptual representó una mejora del 26.6%, con la inclusión de dos conceptos fundamentales. En relación con la presencia de nociones erróneas, hubo una mejora del 40%.

Siguiendo a Vosniadou (1994), se confirmó que el mayor porcentaje de estas progresiones se consiguió por enriquecimiento del modelo conceptual, lo cual implicó la adición de informaciones a las estructuras existentes y a los presupuestos individuales, por lo que se interpretaron como incremento y depuración de la comprensión del concepto biodiversidad, además como un acercamiento a la perspectiva científica.

También se observó que en la mayoría de casos en los cuales los estudiantes introdujeron al menos dos conceptos fundamentales y disminuyeron la cantidad de nociones erróneas presentes en el modelo, tendían a utilizar conceptos más inclusivos y reducían la lista. Esto llamó la atención, porque al parecer un modelo más refinado es, de por sí, uno más sintético y más central.

Asimismo, se pudo comprobar, como señalara Pozo (1999), que las progresiones constituyeron un proceso del cual los estudiantes no eran conscientes a pesar de estar explícitas en la representación que ellos hacen del concepto.

4.2.1.2. Cambio de profundización en las relaciones conceptuales.

Particularmente observados en la elaboración de los mapas conceptuales, algunos cambios no constituyeron la suma de conceptos centrales al modelo creado por los estudiantes, sino al refinamiento de las relaciones establecidas entre éstos.

En el grupo 1, cinco estudiantes modificaron las relaciones que establecieron entre dos conceptos clave. En todos los casos el cambio se dio para afirmar la existencia de funciones en las especies de los ecosistemas, por lo que el concepto “diversidad funcional” fue profundizado, aún sin ser parafraseado como tal.

Cabe destacar que este tipo de cambio se presentó con muy poca frecuencia, ya que los mapas elaborados por la mayoría de los estudiantes carecían de explicitación en los conectores entre los conceptos. Básicamente los estudiantes utilizaron flechas entre los conceptos, pero no especificaron una palabra de enlace entre ellos. La búsqueda de este tipo de cambio se hizo sólo entre los mapas que los detallaban.

Se pudo constatar que los estudiantes carecían de entrenamiento en el uso de dispositivos de representación mental, como es el caso de los mapas conceptuales, por lo que su uso resultó infrecuente.

Un aspecto importante de enfatizar fue el hecho de que hubo estudiantes que mantuvieron un modelo invariable y aquellos, pocos en el grupo 1, que desmejoraron la representación del post-test, respecto a la del pre-test. En el caso de los segundos se comprobó que el cambio más frecuente fue la adición de muchos más conceptos que desglosaban otro que no era central. Tal fue el caso de agregar ejemplos al concepto “animales” o “plantas”.

Otro aspecto que llamó la atención fue la existencia de regularidad y coincidencia en la lista de nociones erróneas de los estudiantes. Ello se interpretó como un asunto aprendido. Tal es el caso de la mención de personas, animales y plantas superiores como los individuos y poblaciones regulares de un ecosistema. Asimismo, la prevalencia de sinonimia entre “diversidad” y “abundancia”, sin distingo conceptual entre “cantidad” y “cantidad/diversidad”.

4.2.2. Significación de los cambios. Con base en las evidencias estadística y empírica conseguidas, se determinó la significancia de los cambios observados. Particularmente en el grupo de investigación, el grupo 1, por medio de la aplicación de la prueba T de Student, la prueba de varianza y en análisis de contenido de los mapas conceptuales, se obtuvo información para confirmar cambios significativos entre las mediciones y observaciones del pre-test y el post-test, respectivamente.

A comparar los resultados de todas las mediciones del grupo 1 y el 2 se confirmó, además, que los cambios fueron más frecuentes y significativos en el grupo 1. Como este grupo recibió la intervención pedagógica, se atribuyeron las progresiones a la participación de los estudiantes en la experiencia de aprendizaje diseñada. Ésta puso en contacto a los estudiantes con el modelo mental del experto a través del uso del hipermedia Dosel en las Nubes. Asimismo, los ejercicios diseñados en la unidad didáctica que reforzaron los principales conceptos presentes en el modelo de referencia.

La confirmación de la incidencia de la intervención educativa se hizo efectiva al observar los resultados del grupo 2, en el cual prevaleció la tendencia de aferrarse al modelo previo. A pesar de que en el grupo 1 hubo dos casos de estudiantes con resultados peores en el post-test y siete que mantuvieron sus puntajes en la prueba de

conocimientos, así como dos que no cambiaron las nociones erróneas y cinco que tuvieron una diferencia negativa, las diferencias y progresiones se dieron entre el 56% y el 81.2 de mejora al analizar el caso particular de cada estudiante.

El tipo de cambios reportados claramente se relacionaron con las informaciones que fueron introducidas por el hipermedia y por la experiencia de aprendizaje, tal es el caso de la depuración del concepto biodiversidad mediante la introducción de la idea de variación funcional y la consideración de la medición de especies no sólo como cantidad de individuos, sino de diversidad y de relaciones.

4.2.3. Implicaciones pedagógicas y didácticas. El trabajo con modelos mentales ha sido frecuente en la investigación de la enseñanza de las Ciencias, no así en la didáctica de las Ciencias, propiamente dicha. De esta investigación se derivó la importancia de hacerlo consistentemente como parte de la mediación pedagógica que realizan el profesor y los materiales de aprendizaje.

Se observó que cuando los estudiantes depuran la comprensión conceptual, recurren a cierta economía en los elementos que utilizan para representarla, por lo que su producción es conceptualmente más abstracta. Se especuló si este hallazgo podría ser útil para diseñar procesos de aprendizaje, de modo tal que se trabaje, por ejemplo, con un conjunto extendido de palabras alrededor de un concepto o evento que está siendo enseñado-aprendido y se oriente a los estudiantes para que vayan reduciendo y sintetizando. Se consideró que un acercamiento con un juego tipo análisis-síntesis, bien podría ayudar a mejorar la comprensión del estudiantes respecto a lo que estudia, teniendo que identificar lo central de lo superfluo. En la producción de los estudiantes este fenómeno se observó con distintos conceptos, por ejemplo, la abstracción de los

conceptos “bosque”, “río”, “árbol” que luego fueron referidos simplemente como “hábitat”, por unos, o “ecosistema”, por otros.

Fue determinante concluir la necesidad de entrenar a los estudiantes en la representación de lo que piensan con dispositivos mentales que obliguen el establecimiento no sólo de los conceptos que atribuyen a otro, sino de las relaciones entre ellos. Las conexiones son fundamentales para observar las formas en que están pensando acerca de un concepto, evento o fenómeno.

Un hallazgo importante fue comprobar la efectividad de la complementación de uso de un hipermedia y una unidad didáctica que define su uso. Este hecho evitó la pérdida o distracción de los estudiantes por el recurso audiovisual y enfocó su atención en los procesos de aprendizaje.

Se había advertido en la investigación revisada sobre hipertextos y multimedia, de la posibilidad de extravío o pérdida de enfoque cuando las metas de la persona que navega por el hipermedia no estaban claras. En este sentido se observó que dos aspectos pueden minimizar ese riesgo: primero, si la estructura y organización del contenido del hipermedia deja menos grados de libertad al estudiante, quien a pesar de tener opciones, tiene suficiente dirección para canalizar las metas de aprendizaje, segundo, si un hipermedia de estructura y organización abierta se hace acompañar de una guía de aprendizaje que defina un itinerario posible que oriente las metas del aprendiz.

En este caso este resultado fue significativo para pensar en el diseño de ambientes de aprendizaje mediado con el uso de tecnologías digitales en general y recursos hipermedia, en particular; ya que llama la atención sobre la necesidad de definir con claridad los objetivos de enseñanza-aprendizaje, la definición de los recursos que se

usarán y la forma en las cuales conviene o no utilizar éstos. Así, siempre será fundamental que los estudiantes tomen un tiempo para definir sus metas y construir un itinerario a seguir, si es que este no está dado por la experiencia de aprendizaje que diseñó el profesor, el cual puede ser flexible, pero bien orientado.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

Este estudio obtuvo evidencia empírica y estadística para argumentar algunas progresiones observadas en el modelo mental de los estudiantes sobre el concepto “biodiversidad” antes y después de una intervención pedagógica con apoyo del hipermedia Dosel en las Nubes. Al contrastar el modelo mental de los estudiantes con un modelo de referencia construido con criterio experto, se observaron progresiones básicamente de dos tipos: 1) Aditivas, consistentes en la agregación de nuevos conceptos al modelo previo y 2) De profundización, consistentes en el establecimiento, la modificación y/o la ampliación de las relaciones definidas entre los conceptos.

Asimismo, se concluyó por medio de la prueba de hipótesis, que la intervención pedagógica tuvo incidencia en la explicación de los cambios mostrados por los estudiantes, lo que fue interpretado como una disposición hacia el aprendizaje.

5.1. Conclusiones

5.1.1. Conclusiones respecto a la pregunta de investigación y los objetivos del estudio. *¿Hubo o no cambios en el modelo mental de los estudiantes?* Con base en los resultados de investigación se obtuvo evidencia para sostener la existencia de cambios entre los modelos presentados antes y después de la intervención educativa. En este caso el cambio conceptual se asumió como una modificación progresiva de los modelos mentales que la persona tiene sobre el mundo físico, conseguido por medio de enriquecimiento, el cual implica la adición y la revisión de informaciones a las estructuras conceptuales existentes (Vosniadou, 1994).

Los cambios encontrados fundamentalmente fueron de dos tipos: adiciones de conceptos clave al modelo mental de los estudiantes respecto al modelo de referencia y de profundización de las relaciones conceptuales expresadas en el modelo mental, como se detallará seguidamente.

¿Cuáles fueron los cambios? De acuerdo con las comparaciones de los resultados obtenidos por los estudiantes de los grupos 1 y 2 en el pre-test y el post-test se concluyó que los cambios mostrados fueron los siguientes: en el grupo 1 (experimental): una mejora reportada del 47.5% de los estudiantes en el puntaje de la prueba de conocimientos. Adición de 4 conceptos clave del modelo de referencia al modelo grupal, lo que representó un incremento del 30% de cercanía con el modelo experto. En los puntajes individuales se reportó un incremento del 56.2% en la cercanía al modelo experto, lo que significó que 9 estudiantes mostraron una diferencia positiva en el post-test. En relación con la presencia de nociones erróneas en el modelo mental, hubo una diferencia positiva del 81.2%, lo que significó una depuración del concepto en la medida del post-test. Esos resultados se interpretaron como progresión positiva de la comprensión conceptual de los estudiantes, dado que el concepto de modelo mental asumido en el estudio y propuesto por Johnson-Laird (1994), postula el poder explicativo de los modelos sobre el razonamiento y la comprensión de las personas. En el grupo 2 (control): la mejora reportada fue del 26.6% en la prueba de conocimientos. Se adicionaron 2 conceptos al modelo, lo que representó un incremento del 15% en la cercanía al modelo experto. En los puntajes individuales hubo un incremento del 26.6% consistente con la mejora en la prueba de conocimientos. En relación con la presencia de concepciones erróneas en el modelo, se observó una mejora del 40%.

En ambos casos los cambios o progresiones presentadas fueron aditivas o de profundización. Las progresiones aditivas consistieron en la suma de conceptos a la red conceptual de cada estudiante y del grupo, respecto a la red conceptual del modelo de referencia. Las progresiones de profundización consistieron en refinar los conectores entre los conceptos o en agregar nuevas relaciones. En ambos grupos se observó con mayor frecuencia la presencia de progresiones aditivas. Esto se interpretó como una consecuencia de la falta de entrenamiento que tenían los estudiantes en la construcción de mapas conceptuales y otro tipo de dispositivos de representación mental que obligara el establecimiento de relaciones conceptuales explícitas. Como se explicó en el Marco Teórico, los modelos mentales se basan en las premisas dadas y en el conocimiento semántico general que incluye el significado de cuantificadores y conectores. Éstas son palabras o conjuntos de ellas que sirven para indicar cantidad o para unir unas oraciones con otras.

¿Qué tan significativos fueron los cambios? En la comparación de medias intra-grupo se encontraron diferencias significativas entre las medias del grupo 1, pero no hubo evidencia para rechazar la hipótesis de igualdad de medias en el caso del grupo 2. A pesar de la diferencia obtenida en el grupo 1, no era atribuible específicamente a la intervención educativa, ya que no puede establecerse correlación en el resultado.

En la comparación de medias inter-grupo se obtuvo evidencia estadística para aceptar la hipótesis, por lo que se concluyó que los resultados del grupo 1 fueron significativamente mayores que los del 2 y se interpretó una potencial incidencia positiva de la intervención educativa en ese resultado.

¿Qué implicaciones se pueden derivar del uso de modelos mentales en la enseñanza de la Ciencia? En el caso de este estudio se comprobó que es más probable reportar algunas progresiones en corto tiempo cuando los estudiantes trabajaban con modelos sencillos y constituidos por unos pocos elementos. Por ejemplo, se observó que en la reelaboración del mapa conceptual los estudiantes que obtuvieron diferencias positivas más altas economizaron el número de elementos del modelo, pero utilizaron un mayor grado de abstracción conceptual, por ejemplo, desapareció un conjunto de conceptos utilizados en el pre-test y éste fue sustituido por un concepto más inclusivo, tal fue el caso de la sustitución de las palabras: bosque, árbol, río, entre otras, por hábitat. Si se asume esa como una tendencia del razonamiento, sería útil pensarla en el acto de la enseñanza, ya que vale más trabajar sobre unos pocos conceptos más inclusivos, que sobre una lista más grande que distorsiona el modelo que puede ser construido.

El trabajo con modelos mentales requiere de un entrenamiento de construcción de dispositivos que hagan visible la forma en que se piensa sobre un concepto, fenómeno o un hecho. Particularmente en la ciencia donde las teorías se construyen con base en hipótesis sobre la relación causa-efecto. Se observó que para hacer un análisis del nivel comprensivo mostrado por los estudiantes era imprescindible que los gráficos que ellos elaboraban explicitaran las relaciones conceptuales, sin embargo, no fue un hallazgo espontáneo frecuente, sino que debió ser solicitado. Eso llevo a pensar que pareciera haber una tendencia hacia el trabajo con los conceptos científicos, pero no con las relaciones conceptuales, lo que al final minimiza la comprensión del sentido.

Se encontraron regularidades, coincidencias y categorías comunes en los modelos de los estudiantes, tanto en los conceptos que se mencionaron, como en las nociones erróneas que repetían. Algunas ideas se mostraron muy afianzadas y denotaron una comprensión baja del concepto biodiversidad. Por ejemplo, la consideración de personas, plantas y animales superiores como los individuos y poblaciones por excelencia. Así también la atribución de sinonimia entre “diversidad” y “abundancia”, sin diferenciar “más de una sola cosa” y “más de múltiples cosas”. Por eso con frecuencia los estudiantes conceptúan biodiversidad como “cantidad” y no como “cantidad/diversidad”.

¿Qué implicaciones se pueden derivar para del uso de hipermedia educativa en el aprendizaje de conceptos científicos? Se concluyeron dos aspectos fundamentales: 1) el impacto que tiene sobre el aprendizaje la estructura y la organización del contenido en el hipermedia, y 2) la utilidad de complementar la navegación por el hipermedia con un itinerario preciso de aprendizaje.

En relación con el impacto que tienen la estructura y la organización del contenido del hipermedia sobre el aprendizaje, se valoró que en Dosel en las Nubes la red conceptual a pesar de estar estructurada de manera flexible, sugería una secuencia de lectura (símbolos numerados) que orientaba a los estudiantes a hacer un recorrido ordenado.

Se observó que a pesar de ese señalamiento de ruta y de la existencia de una consigna de trabajo descrita en la unidad didáctica, no todos los estudiantes siguieron las instrucciones. En esos casos pudo observarse que se incrementó el riesgo de pérdida de la dirección en la navegación si no se tenían metas claras de aprendizaje, por lo que se

dio mayor dispersión al pasar de una página a otra, sin seguir un orden óptimo de lectura, obviando las relaciones semánticas de los enlaces.

En contraste, la estructura flexible con información ordenada lógicamente dentro de un tema, ayudó a que los estudiantes que siguieron las instrucciones de la guía de aprendizaje, establecieran relaciones, reestructuraran y construyeran mejor los conceptos. En este caso también se observó que fue posible que los estudiantes integraran información nueva a la propia estructura de conocimiento.

La complementación de la navegación por el hipermedia con un itinerario preciso de aprendizaje, se valoró positivamente, ya que como indicó Rouet, (1990), muchas personas tienen problemas para recordar lo que han leído en un hipertexto, pero si siguen una guía y obligan a la memoria de trabajo, la probabilidad de recuerdo se incrementa por el uso de la información leída.

En síntesis, se obtuvieron las siguientes conclusiones: 1) Las progresiones observadas en el modelo mental de los estudiantes sobre el concepto biodiversidad fueron más frecuentemente de naturaleza aditiva. Ellos agregaron nuevos conceptos a su red y en casos más infrecuentes depuraron o profundizaron las relaciones entre los conceptos. Se comprobó que la adición conceptual y la abstracción se favorece si los estudiantes trabajan con modelos sencillos y constituidos por pocos elementos, pero con conceptos más inclusivos. Asimismo, si previamente tienen algún entrenamiento en la elaboración de dispositivos donde explicitan las relaciones conceptuales. 2) La comprensión y adición de conceptos científicos se favorece con la implementación de situaciones de aprendizaje que se apoyan con recursos atractivos y bien fundados científicamente, como el hipermedia Dosel en las Nubes, el cual parece haber tenido un

impacto positivo en la mejora del desempeño de los estudiantes y en la progresión de su modelo mental sobre biodiversidad. 3) Los resultados de aprendizaje son mejores cuando la flexibilidad de navegación y organización de los recursos hipermedia, como Dosel en las Nubes, se complementan con itinerarios de aprendizaje precisos que minimizan la distracción de las tareas y la ausencia de metas por parte de los estudiantes.

5.1.2. Apreciación crítica de la investigación. Desde el inicio de la investigación se presumió que el diseño cuasi-experimental seleccionado tenía limitaciones metodológicas para indagar el cambio cognitivo, independientemente de los propósitos de esta investigación. La progresión o cambio cognitivo pudo haberse observado con más detalle y precisión en observaciones sucesivas para obtener conclusiones más completas acerca de la forma en que se dan los cambios y las razones que los producen. A pesar de que la muestra parece pequeña, el nivel de detalle que requiere la lectura de las elaboraciones de cada sujeto sugiere la pertinencia de trabajar con más observaciones y menos sujetos.

Es probable que resulte pertinente hacer un estudio exploratorio antes de la asignación de los grupos, de modo que los sujetos se asignen con base en un criterio dado, por ejemplo, sería pertinente que en el grupo experimental esté sujetos que han mostrado una comprensión baja del concepto.

Una limitación práctica que se presentó en el trabajo de campo fue el rol desempeñado por la profesora, ya que mantuvo un nivel de intervención muy bajo. Esa fue una característica deseable para valorar el impacto del *software*, pero el diseño de la

intervención educativa consideraba de su participación activa en el proceso de formulación y reformulación teórica de los estudiantes.

A pesar de que hubo limitaciones metodológicas, el diseño resultó robusto para identificar progresiones en el modelo mental de los estudiantes. Esto representa una alternativa para indagar las nociones previas de los estudiantes sobre un concepto científico, identificar las nociones erróneas subyacentes en ellas e identificar algunos cambios en la comprensión de los conceptos. Este tipo de ejercicio podría tener un impacto en la evaluación del desempeño y la forma como se consigna el rendimiento escolar.

Un aspecto que se destaca como muy positivo del aporte que hace esta investigación es la construcción del modelo experto sobre el concepto biodiversidad. Ese concepto se estudia en varios cursos del plan de estudios de la Educación General Básica, pero en el programa de estudios se presenta una lista de contenidos por ser aprendidos y no se define un modelo particular que se desea enseñar sobre cómo entender la biodiversidad.

5.1.3. Futuras investigaciones. Desde la perspectiva de la investigadora hay un desafío metodológico en la forma en que investiga en la enseñanza de las Ciencias, por eso de esta investigación se derivan las siguientes necesidades de investigación: 1) Indagar cuáles son los modelos mentales que subyacen a los principales conceptos que se estudian en los planes de estudio de Ciencias en cada nivel escolar. Ello es importante no sólo para guiar la enseñanza, sino para tener parámetros comprensivos del aprendizaje de los estudiantes. 2) La influencia que tiene el modelo del profesor sobre el que potencialmente podría construir el estudiante. Este es un aspecto relevante si se asume

que la trascendencia del discurso en el proceso de construcción y cambio de los modelos mentales. 3) Realizar un estudio meta-analítico que sistematice y evalúe la pertinencia y efectividad de los métodos utilizados en ese tipo de investigaciones de modo que pueda sugerir los acercamientos que han resultado más adecuados para elaborar conclusiones de mejor nivel. Lo anterior porque se ha criticado que las investigaciones en el campo de la enseñanza de las Ciencias no son concluyentes y mucho menos generalizables. 4) Aún es desierto e incipiente la investigación sobre la efectividad del aprendizaje con hipermedia educativa. ¿Se aprende más y mejor? ¿Se aprende diferente? En este campo prevalecen las especulaciones, pero no las investigaciones empíricas que muestren la pertinencia de uso educativo de estos medios. 5) Finalmente, interesa plantear la posibilidad de seguir depurando el modelo experto sobre el concepto biodiversidad que fue elaborado en este estudio, por lo cual se propone como objeto de investigación y validación.

5.2. Recomendaciones

Del proceso de investigación y sus resultados se desprenden cuatro recomendaciones dirigidas principalmente a profesionales interesados en el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias, como investigadores, educadores y tomadores de decisiones:

5.2.1. La necesidad de trabajar con modelos mentales precisos y conceptos inclusivos en las clases de Ciencias. En la investigación revisada se encontró que es frecuente que los estudiantes consideren la causalidad que explica muchos conceptos científicos de manera diferente que hacen los científicos. Además ellos hacen suposiciones acerca de la naturaleza de la causalidad que influyen en su capacidad de

aprender los conceptos. Al respecto se ha visto que aprender particularmente los patrones causales y hacer conexiones y transferencias de éstos, ayuda a mejorar la comprensión de esos conceptos. Dado lo anterior, sería recomendable que los profesores de Ciencias se enfocaran en favorecer el aprendizaje de esos aspectos. Dado un concepto, por ejemplo biodiversidad, se enfocaran en favorecer la comprensión de los conceptos claves que lo definen y lo explican, además de las relaciones causa-efecto entre estos, mientras invitan a crear nuevas conexiones y transferencias en un contexto cercano que dé sentido a ese aprendizaje. Ese puede ser un modelo básico para pensar el aprendizaje y/o tratamiento de un modelo mental que puede ser utilizado para revisar otros conceptos y aprenderlos. Determinar: ¿Cuáles son los conceptos clave que lo definen y lo explican? ¿Cómo se relacionan esos conceptos entre sí? ¿Cuáles aplicaciones tiene en la vida diaria? ¿Cuál es la utilidad del concepto en qué otros contextos o situaciones diferentes al estudiado?

Considerar los elementos esenciales ayudará a minimizar la tendencia de los estudiantes de asimilar la información sobre conceptos complejos en simples estructuras causales que distorsionan la información.

5.2.2. La indagación de las nociones erróneas que los estudiantes y los profesores poseen respecto a los conceptos científicos que enseñan y aprenden respectivamente. La indagación de las nociones erróneas de profesores y estudiantes es un aspecto fundamental en la enseñanza de la Ciencia. El aprendizaje no sólo se refiere al aprendizaje de contenidos, sino a las formas o métodos de aprender. La revisión acerca de cómo comprenden los profesores los conceptos que enseñan, es fundamental para garantizar una buena enseñanza y contribuir con el buen aprendizaje.

Al estudiar a los docentes, algunas investigaciones señalan que los conceptos que ellos tienen acerca de lo que enseñan da forma a lo que enseñan y a la manera en que lo hacen, (Ritchhart, 2002). Los educadores con conceptos bien elaborados incluyen estrategias para apoyar mejor el aprendizaje de sus estudiantes.

Por su parte, se ha visto que en el aprendizaje de conceptos científicos es frecuente que los estudiantes repitan las nociones previas, ingenuas o erróneas que tienen sobre un concepto. Eso puede ser muy desalentador, no obstante, si se atiende la característica de recursividad de los modelos mentales, como una especie de estrategia que posibilita la transformación, enriquecimiento y evolución del modelo a través de la interacción permanente con situaciones y/o problemas, parece haber alternativas para apoyarlos en el logro de mejores comprensiones.

Tal parece que la enseñanza de las Ciencias puede verse beneficiada con un enfoque de enseñanza-aprendizaje basado en problemas que invite a los profesores a revisar sus comprensiones y a apoyar la construcción de las de sus estudiantes.

5.2.3. La necesidad de entrenamiento en el uso de dispositivos didácticos para rastrear y hacer visible la forma en que se comprenden los conceptos que se estudian. Otro aspecto que se derivó de la investigación y que se plantea como recomendación, es la instalación de dispositivos didácticos que permitan hacer visibles y rastrear las comprensiones de los estudiantes. De otra manera no hay forma de darse cuenta si están aprendiendo y aprendiendo bien.

Esta propuesta se relaciona con las anteriores: si se prioriza un modelo de aprendizaje de nuevos conceptos, si se conocen las concepciones erróneas que los estudiantes traen al aula y si se instalan estos dispositivos para rastrear el progreso,

definitivamente se está en una condición más adecuada para garantizar un aprendizaje más comprensivo.

La visualización del pensamiento se refiere a cualquier tipo de representación observable que documente y apoye el desarrollo de las ideas, preguntas, razones y reflexiones en desarrollo de los estudiantes. Los mapas mentales, mapas conceptuales, gráficos y listas, diagramas, hojas de trabajo son dispositivos para hacer el pensamiento visible. Como sugieren Tishman y Palmer (2005), “la visualización del pensamiento tiene una función de diagnóstica”. Al proporcionar un registro visible del pensamiento de los estudiantes, permite a los docentes ver lo que ellos están aprendiendo y en qué necesitan ayuda. Pero también va más allá del diagnóstico al apoyar el buen pensamiento de diversas maneras.

Particularmente se conoce que los mapas conceptuales se han usado en las clases de ciencias para descubrir cómo los estudiantes logran entender conceptos difíciles de las ciencias (Enher, 1996). La herramienta de mapas conceptuales ha surgido de más de veinte años de investigación sobre cómo entender mejor cómo aprenden los estudiantes y cómo mejorar el aprendizaje (Kinchin & Hay, 2007).

En este caso se recomienda el uso de mapas conceptuales con las reglas originales de que el estudiante primero escribe sus ideas en casillas organizadas jerárquicamente en una página; luego conecta estos conceptos con flechas apuntando en direcciones explícitas para transmitir el significado entre los conceptos y finalmente puede crear múltiples vínculos entre los conceptos (Hay & Kinchin, 2006).

5.2.4. La construcción de itinerarios de aprendizaje pertinentes que aprovechen al máximo los medios digitales que ya son inminentes en las aulas.

Actualmente es inminente la presencia de recursos digitales para apoyar el aprendizaje en las aulas. Algunas veces su presencia se acompaña de ofertas didácticas que orientan su uso y aprovechamiento para aprender en dominios específicos de conocimiento o para apoyar el aprendizaje de habilidades generales. Se ha visto que particularmente si los recursos son hipertexto, resulta más efectivo el aprendizaje si éstos se acompañan de itinerarios de aprendizaje bien definidos que favorecen el logro de las metas de aprendizaje y evitan el riesgo de pérdida y distracción (Jonassen, 1988 y Rouet, 1996). Según eso, se recomienda que los recursos digitales que se utilizan para ilustrar, explicar o profundizar conceptos científicos, se acompañen de un itinerario y guía didáctica bien estructurados, así como de explicaciones claras y estratégicas por parte de los educadores.

Es fundamental retomar el hallazgo de Nersessian (2008) acerca de cómo surgen nuevos conceptos científicos, quien en su libro *“Creating Scientific Concepts”* argumenta que la imagen popular de que los nuevos conceptos y conocimientos profundos surgen de la inspiración es un error. Sino que más bien parecen surgir de la interacción de tres factores: un intento de resolver problemas específicos, del uso de los recursos conceptuales, analíticos y materiales proporcionados por el contexto cognitivo social y cultural del problema, y por la dinámica de los procesos de razonamiento que se extienden en la cognición ordinaria.

Referencias

- Ainsworth, S., Bibby, P., y Wood, D. (1998). Analysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. En M. Van Someren, E. Boshuizen, T. y P. Reiman (Eds.), *Multiple representations for problem solving and learning*. London: Elsevier.
- Ausubel D., Novak J., y Hanesian H, (1983). *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed. Trillas.
- Ayersman, D.J. (1996). Reviewing the research on hypermedia-based learning. *Journal of Research on Computing in Education*, 28, 500-526.
- Buzán, T. (2004). *Cómo crear mapas mentales*. Barcelona, España: Ediciones Urano. S.A.
- Caridad, M. y Moscoso, P. (1991). *Los sistemas de hipertexto e hipermedios*. Madrid: Pirámide.
- Clark, J. Y Paivino, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Criado, A. y Cañal, P. (2003). Investigación sobre algunos indicadores del status cognitivo de las concepciones sobre el estado eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*, pp. 29-41.
- Duit, R. (1994). *The Constructivist view in Science Education - What it has to offer and what should not be expected from it*. Proceedings International Conference of Science and Mathematics Education for the XXI ST: Century Towards Innovative Approaches. Concepcion. Chile.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions – developments and trends. *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. New York: Cornell University.
- Eger, S. K. (1996). *Concept Mapping: Visualizing Student Understanding*. Iowa City: University Science Education Center.
- Fletcher, J. (1990). *Effectiveness and cost of interactive videodisc instruction in defense training and education*. Washington: Institute for Defense Analices.
- Franco, C; Colinvaux, D.; Krapas, S.; Queiroz, G. (1997). *A Teoria Piagetiana e os Modelos Mentales, en Percursos piagetianos*, Banks Leite (org) Brasil: Editorial Cortez.
- Galagovsky, L., Di Giacomo, L., Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol.8, N°1*. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART1_Vol8_N1.pdf
- Galagovsky, L.; Rodríguez, M. A.; Stamatí, N. y Morales, L. F. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-122.
- Gangoso, Z. y Buteler, L., (1998). Modelos Mentales en Física: Algunos Aspectos Metodológicos. *4º Simposio de Investigadores en Educación en Física*. La Plata,

- Argentina, pp. 161-169.
- George, D. y Mallery, P. (1995). *SPSS/PC+ step by step: A simple guide and reference*. Belmont. EE.UU: Wadsworth Publishing Company.
- Gerlic, I. y Jausovec, N. (1999). Multimedia: Differences in cognitive processes observed with EEG. *Educational Technology Research and Development*, 47, 5-14.
- Giroux, S. y Tremblay, G. (2004). *Metodología de las ciencias humanas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Goldsmith, G. (2011). *Definiendo y midiendo la biodiversidad. Unidad Didáctica*. Recuperado de <http://www.canopyintheclouds.com/teach/lessons/biodiversity-measuring.php>
- Goldsmith, G. (2012). [Investigador principal de *Canopy in the Clouds*]. Datos duros inéditos.
- Greca, I.; Moreira M. A. (1996 a). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes y proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de posgrado y físicos profesionales. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 95-108.
- Greca, I.; Moreira M. A. (1996 b). The kinds of mental representations- models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of electromagnetic field. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 711-724, 1996 b.
- Greca, I.M. y Moreira, M.A. (1997a). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 15 (2), 107-120.
- Greca, I.M. y Moreira, M.A. (1997b). The kinds of mental representations - models, propositions and images - used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, London, 19 (6), 711-724.
- Greca, I. y Moreira, M. A., (1998). Modelos Mentales y Aprendizaje de Física en Electricidad y Magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 289-303.
- Greca, I. y Herscovitz, V. (2002). Construyendo significados en mecánica cuántica: Fundamentación y resultados de una propuesta innovadora para su introducción en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 327-238.
- Hay, D. B., y Kinchin, I. M. (2006). Using concept maps to reveal conceptual typologies. *Education and Training*, 48 (2-3), 127-142.
- Hernández S., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mac Graw Hill.
- Horney, M. (1993): A Measure of Hypertext Linearity. *Journal of Educational Multimedia and Hipermedia*, 2 (1), 67-82.
- Jacobson, M.J. y Spiro, R.J. (1991). Hipertext Learning Environments and Cognitive Flexibility: Characteristics Promoting the Transfer of Complex Knowledge. En *The International Conference of the Learning Sciences*. Charlottesville: Assosiation for the Advancement of Computing in Education.
- Jacobson, M.J. y Spiro, R.J. (1995). Hypertext Learning Environments, Cognitive Flexibility, and the Transfer of Complex Knowledge: An Empirical Investigation. *Journal of Educational Computing Research*, 12 (4), 301-333.

- Jacobs, G. (1992): Hipermedia and discovery-based learning: a historical perspective. *British Journal of Educational Technology*, 23 (2), 113-121.
- Jonassen, D.H. y Grabinger, R.S. (1990). Problems and issues in designing hypertext/hypermedia for learning. En D.H. Jonassen & H. Mandle (eds.). *Designing hypermedia for learning* (pp. 3-25). Berlin: Springer-Verlag.
- Jonassen, D.H. (1989). Mapping the structure of content in instructional systems technology. *Educational Technology*, 29 (4).
- Jonassen, D.H. (1988). Designing Structured Hypertext and Structuring Access to Hypertext. *Educational Technology*, 28 (11), 13-16.
- Johnson-Laird, P. (1996). Images, Models, and Propositional Representations, en: *Models of Visuospatial Cognition*, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap 3 pp 90-126, New York, Oxford, Oxford University Press
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1994). Mental models and probabilistic thinking. *Cognition*, 50, 189-209.
- Johnson-Laird, P. (1990). *El ordenador y la mente*. Barcelona : Ed. Paidós.
- Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. pp 179-232. En Norman, D. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Cognición y desarrollo humano. Barcelona: Ed. Paidós.
- Krapas, S., Queiróz, G., Colinviaux, D. e Franco, C. (1997). Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 2 (1), 185-205.
- Kleer y Brown, (1983). Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models. In Gentner, D. And Stevens, A. (Eds) *Mentals Models*. Hillsdale, New Jersey : Erlbaum. 155-190.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Schimke, H. y Ripper, B. (1997). Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology*, 34, 169-176.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 1, 1-19.
- Mayer, R. E., y Anderson, R. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Moreira, M. A., (2003). Modelos mentais, *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1). Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- Moreira, M. A. y Greca, I. (1998). Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: Três casos, *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(2). Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- Najjar, L. J. (1996). Multimedia information and learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2, 129-150.
- Nappa, N., Insausti, M.J., y Sigüenza, A. F.(2006). Características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las diluciones, *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación Científica*, 3 (1), 2-22. Recuperado de http://www.modelosymodelajecientifico.com/01-HEMEROTECA/archivos/Nappa_et_al_2006-1.pdf

- Nersessian, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Norman, D. A., (1983). Some observations on mental models. En Gentner, D. y Stevens, A. L. (Eds.) *Mental Models*. Hillsdale, N J: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 6-14.
- Núñez, O.M., y Barriá, Cisterna. (2010). Formación inicial de profesores de educación media de ciencia mediante la teoría de enseñanza y aprendizaje basada en modelos mentales, *Revista de investigación y experiencias didácticas: Enseñanza de las Ciencias*. Recuperado de <http://www.modelosmodelajecientifico.com/01-HEMEROTECA/archivos/art-2476-2480.pdf>
- Otero, M. R y Banks Leite L. (1998). *Buscando Modelos Mentales*, Disertación de Maestría, Fac. Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro, Noviembre.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York.
- Perkins, D. (1991). Technology meets constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology*, 31 (5), 8-23.
- Posner M.I. y Digirolamo, G.J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection and cognitive control. En R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 401-423). Cambridge: MIT Press.
- Pozo J.I. (1999). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Madrid: Ed. Morata.
- Pylyshyn. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Ralston, G. (1991). Hipermedia... not Multimedia. *The Expanded Desktop*, 1, (4), 58.
- Riviere, A. (1987). *El sujeto de la Psicología Cognitiva*. Madrid: Editorial Alianza.
- Rodríguez, M. L. y Moreira, M. A., (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: Dos estudios de casos. *Investigações en Ensino de Ciências*, 4 (2). Recuperado de: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- Rogers, Y. (1992). Introduction, en Rogers, Rutherford y Bibby, *Models in the mind*, Academic Press.
- Rouet, J.F. (1998). Sistemas de hipertexto: de los modelos cognitivos a las aplicaciones educativas. En *Nuevas tecnologías para el aprendizaje*. Madrid: Pirámide.
- Rouet, J.F., Levonen, J.J., Dillon, A. y Spiro, R. (1996). *Hipertext and Cognition*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Publishers.
- Runyon, R. y Haber, A. (1992). *Estadística para las Ciencias Sociales*. U.S.A: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.
- Rutherford y Wilson. (1992). Searching for The mental Model in Human Machine Systems, en Rogers, Rutherford y Bibby, *Models in the mind*, Academic Press.
- Sasse, M. A. (1992) User's Models of Computer Systems en Rogers, Rutherford y Bibby, *Models in the mind*, Academic Press.
- Shin, E. C. (1994). Effects of learner control, advisement, and prior knowledge on young students' learning in hypertext environment. *Educational technology, research and development*, 24 (1), 33-46.
- Sigüenza, A. F., (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 439-450.

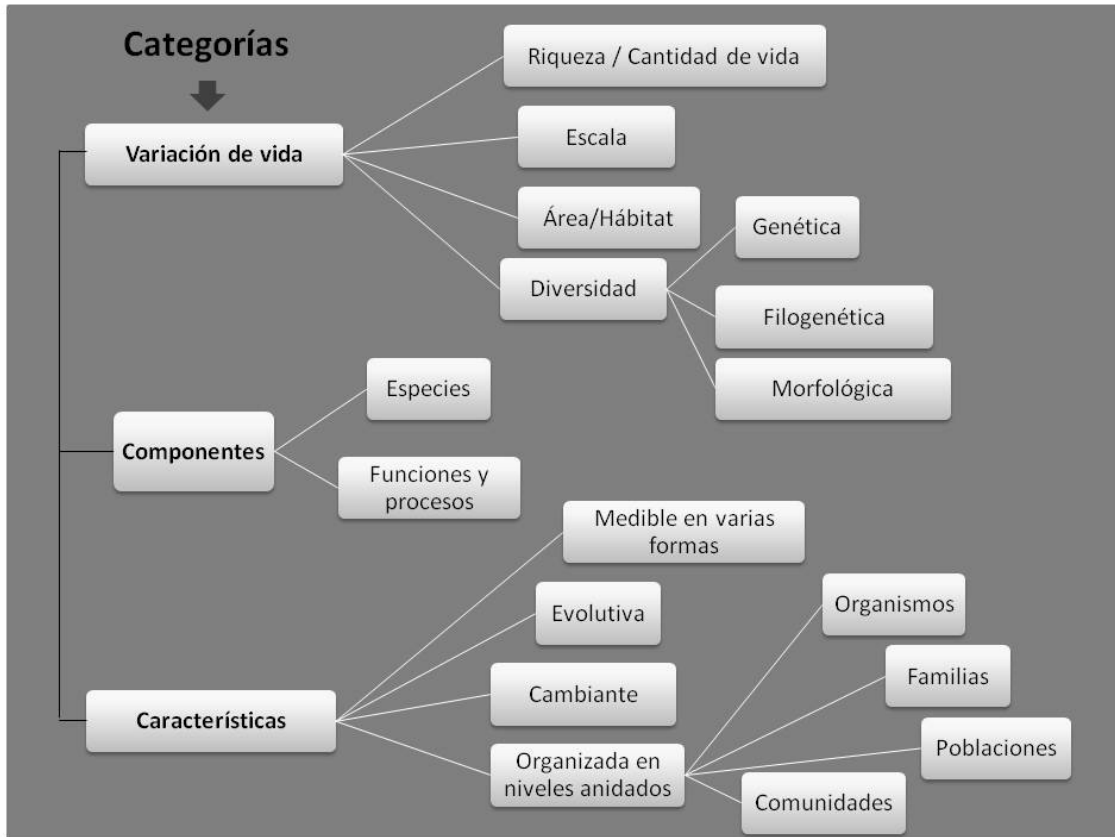
- Solaz-Portolés, J., y Sanjosé L, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato, *Revista electrónica de investigación educativa*. REDIE. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412008000100004&script=sci_arttext
- Spiro, R. y Jehng, J. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. En *Cognition, Education & Multimedia*. Hillsdale: Laurence Erlbaum Associates.
- Spiro, R., Fetovich, J., Michael J. y Coulson, R. (1991). Cognitive flexibility, constructivism and Hypertex: random access instruction for advanced knowledge acquisition in structured domains. *Educational Technology*, 31(5), 24-33.
- SPSS para Windows (versión 20) [Software de computación].
- Stennig, K. y Oberlander. J. (1995). A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: Logic and implementation. *Cognitive Science*. 19, 97-140.
- Tignanelli, H. (1998). Detección de modelos mentales del sistema Tierra-Sol-Luna. 4º *Simposio de Investigadores en Educación en Física*. La Plata, Argentina, pp. 377-285.
- Tishman, S. y Palmer. P (2005). Visible Thinking. *Leadership Compass*, 2 (4) 1-3.
- Toulmin, S. (1977). *La Comprensión Humana*. Tomo I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.
- Vygotsky, L. S. (1977). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: Editorial La pléyade.
- Wilson, E. (1997). Introduction. En Reaka M et al. (Eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry.
- Young, R. M. (1983). Surrogates and mappings: two kids conceptual models for interactive devices. En Getner, D. Y Stevens, A. L. (comps.), *Mentals models*, Hillsdale, NJ, LEA.

Apéndice A

Definiciones del concepto biodiversidad dada por los expertos

| Experto | Definición | Palabras/conceptos |
|---------|---|--|
| 1 | “En el sentido más amplio de la palabra, biodiversidad significa la <u>riqueza de vida que existe en un lugar</u> o en una región. <u>Se puede medir</u> la biodiversidad en varias formas, como <u>la riqueza de especies en un área</u> , la <u>diversidad filogenética de una comunidad de especies</u> , o la <u>diversidad o variación morfológica</u> que existe dentro de una <u>comunidad de especies</u> . Además, la biodiversidad tiene un <u>componente funcional</u> : se puede <u>medir</u> tomando en cuenta las <u>funciones ecológicas</u> de las especies que se encuentran en un lugar”. | <ul style="list-style-type: none"> • Riqueza de vida • Lugar determinado • Es posible medirla • Diversidad: filogenética, morfológica • Comunidad de especies • Componente funcional • Funciones ecológicas |
| 2 | “El <u>conjunto de seres vivos</u> y /u <u>organismos</u> que habitan el planeta, acompañado de los <u>procesos que originan dicha diversidad</u> ”. | <ul style="list-style-type: none"> • Seres vivos/organismos • Procesos que originan la diversidad. |
| 3 | “Biodiversidad es el conjunto de las <u>diferentes manifestaciones</u> de los <u>organismos vivos</u> en un <u>área definida</u> (de ahí que la biodiversidad pueda <u>cambiar según la escala espacial</u>) ya sea en cuanto a sus <u>diferencias genéticas, morfológicas y fisiológicas</u> . Más aún, relativo a las funciones de estos organismos en sus ecosistemas, se puede hablar en un sentido más amplio de <u>diversidad funcional</u> , la cual agrega una capa adicional de complejidad. De este modo, un mismo organismo (genéticamente, por ejemplo) puede cumplir diferentes funciones en diferentes ecosistemas según su interacción con otros componentes bióticos y abióticos de su entorno. Por otro lado, diferentes organismos pueden ser funcionalmente equivalentes en cuanto al papel que juegan en su ecosistema”. | <ul style="list-style-type: none"> • Seres vivos/organismos • Área definida • Puede cambiar según la escala espacial • Diferencias genéticas, morfológicas y fisiológicas • Diversidad funcional |
| 4 | “Biodiversidad es una <u>contracción</u> de las palabras “ <u>biología</u> ” y “ <u>diversidad</u> ”. La representa el concepto de <u>variación de la vida</u> . Biodiversidad puede referir a variación en <u>todos los niveles de organización biológica</u> , desde diversidad molecular a diversidad de ecosistemas. Esos <u>niveles son anidados</u> . En ecología, la palabra es usada con frecuencia para hacer referencia a la <u>cantidad de especies</u> que viven en un <u>lugar o hábitat</u> ”. | <ul style="list-style-type: none"> • Contracción de palabras biología y diversidad • Variación de la vida en todos los niveles de organización biológica • Niveles anidados • Cantidad de especies • Lugar o hábitat |
| 5 | “La <u>variedad de organismos</u> en el planeta y sus <u>ecosistemas</u> ” | <ul style="list-style-type: none"> • Variedad de organismos • Ecosistemas |
| 6 | “El <u>número</u> o la <u>riqueza</u> de <u>linajes evolutivos independientes</u> , ya sea a <u>nivel de población, especie, familia, etc</u> ”. | <ul style="list-style-type: none"> • Número o riqueza • Linajes evolutivos independientes • Niveles: población, especie, familia |

Sistema de categorías derivadas de las definiciones del concepto **biodiversidad**



Apéndice B

Conceptos centrales y complementarios que apoyan la comprensión de la biodiversidad, según expertos

Centrales

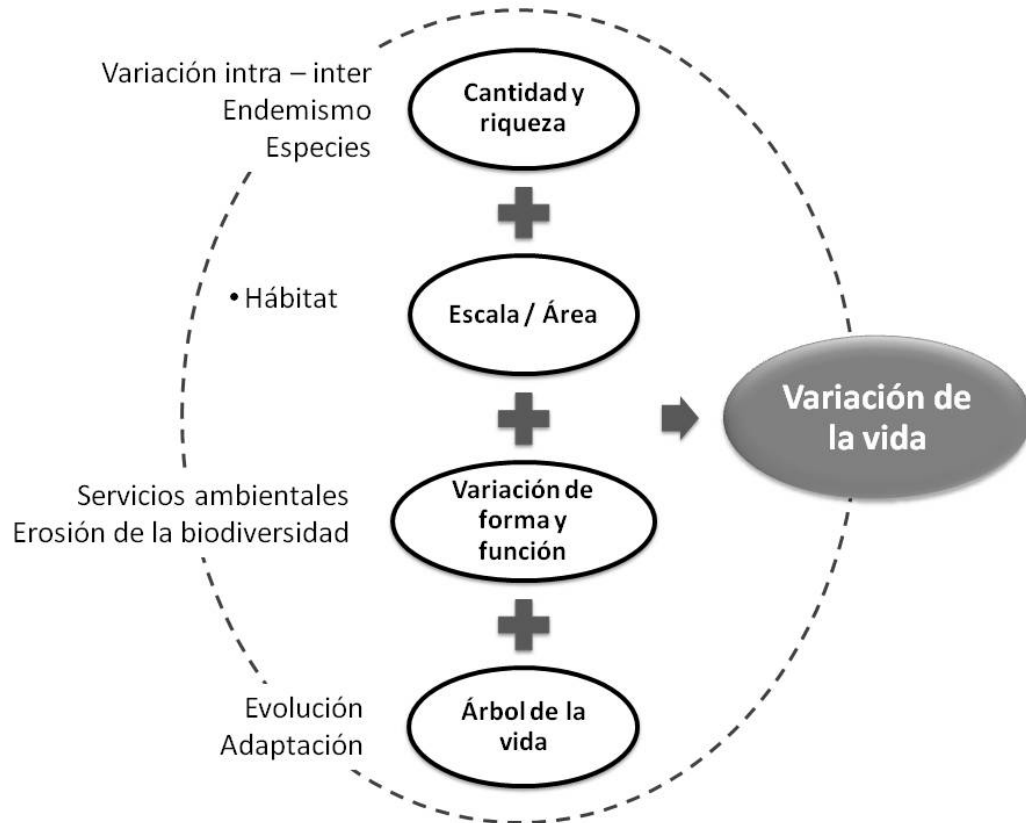
| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Abundancia relativa | 1 | 4.3 |
| Adaptación | 2 | 8.7 |
| Cambio de comunidades | 1 | 4.3 |
| Diversidad funcional de especies | 1 | 4.3 |
| Diversidad intra e inter específica | 1 | 4.3 |
| Escala | 1 | 4.3 |
| Evolución | 1 | 4.3 |
| Filogenia | 3 | 13.0 |
| Función ecosistémica | 1 | 4.3 |
| Genética | 1 | 4.3 |
| Hábitat | 1 | 4.3 |
| Linaje | 1 | 4.3 |
| Niveles de organización de la vida | 1 | 4.3 |
| Organismos | 2 | 8.7 |
| Riqueza de especies | 2 | 8.7 |
| Variabilidad de vida | 1 | 4.3 |
| Variación genética y fenotípica | 2 | 8.7 |
| Total | 23 | 100.0 |

Complementarios

| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------------------|------------|------------|
| Anidación de niveles de vida | 1 | 4.8 |
| Cantidad de especies | 1 | 4.8 |
| Demografía | 1 | 4.8 |
| Diversidad intra-específica | 1 | 4.8 |
| Endemismo | 3 | 14.3 |
| Erosión de biodiversidad | 1 | 4.8 |
| Escala | 1 | 4.8 |
| Especialización | 1 | 4.8 |
| Especie | 3 | 14.3 |
| Fisiología | 1 | 4.8 |
| Geografía | 1 | 4.8 |
| Gremios | 1 | 4.8 |
| Hábitat | 1 | 4.8 |
| Poblaciones | 1 | 4.8 |
| Servicios ambientales | 3 | 14.3 |
| Total | 21 | 100.0 |

Apéndice C

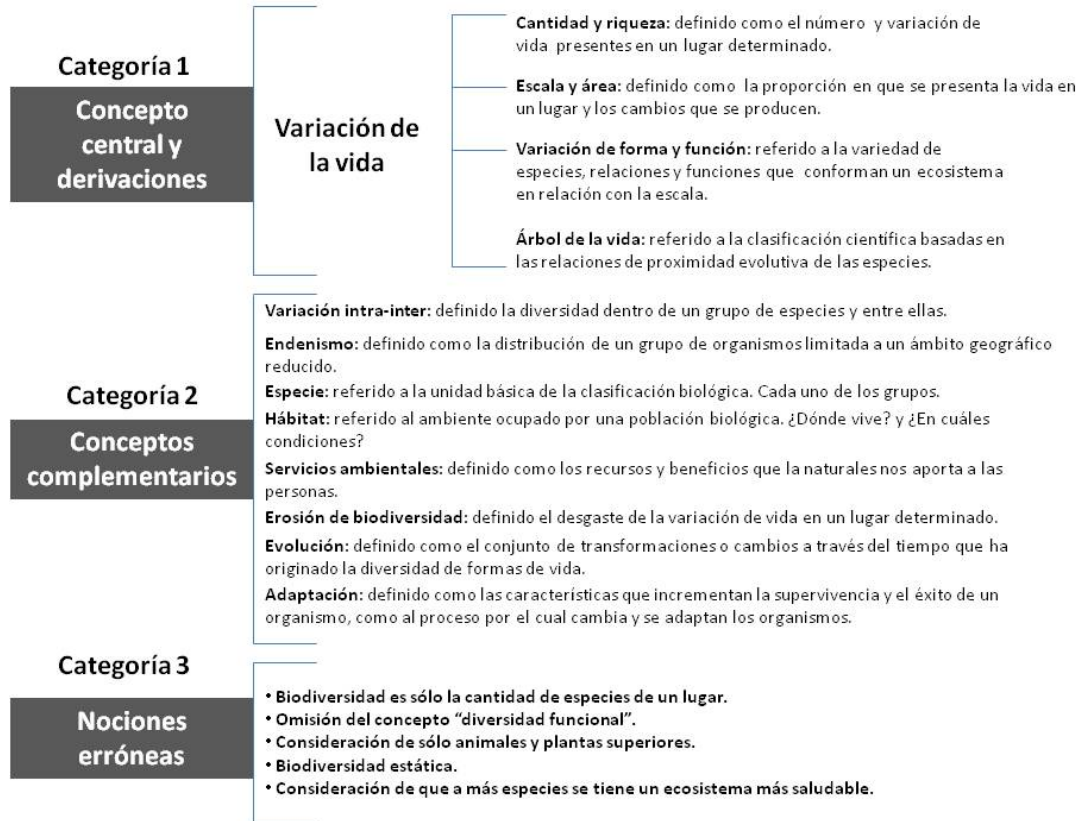
Síntesis conceptual para definir “biodiversidad”



(Elaborada por la investigadora con base en la definición de Goldsmith, 2012)

Apéndice D

Sistema de categorías para el análisis de contenido



Apéndice E

Unidad didáctica



DEFINIENDO Y MIDIENDO LA BIODIVERSIDAD

Greg Goldsmith, Biología Integrativa , Universidad de California en Berkeley

Grados: 9 a 12

Introducción

Comprender y medir la biodiversidad no es una tarea fácil, sobre todo cuando miles de especies están involucradas. Sin embargo, es fundamental contar con medidas precisas para la investigación y la conservación. Los estudiantes considerarán las definiciones de la biodiversidad y generarán un método para estimar con precisión el número de especies de plantas epifitas que crecen en el dosel del bosque nuboso.

Temas principales

Biodiversidad, diseño experimental

Conexiones con el Programa de Estudios

Poblaciones y ecosistemas

Tiempo estimado

1 hora (15 minutos para la introducción y la lectura del folleto, 10 minutos para el recuento inicial de la biodiversidad, 5 minutos de discusión, 15 minutos de normalización y recuento, 15 minutos para el cierre).

Materiales

- Una computadora con acceso a Internet.
- Software Dosel en las Nubes. Este plan está diseñado para utilizar el panorama de la elevación del bosque medio (# 2). localizado en el sitio Dos en las Nubes. Se recomienda que los estudiantes hagan clic en el botón "escenario natural", ya que facilitará una mejor visualización de los efectos del ejercicio.

Objetivos

Los estudiantes estarán en capacidad de:

- 1) Definir la biodiversidad y reconocer la complejidad de tener una definición única.
- 2) Obtener una comprensión básica del muestreo biológico y la necesidad de replicación.

Nociones erróneas potenciales

Los estudiantes pueden tener las siguientes concepciones erróneas:

- 1) Muchos estudiantes creen que la biodiversidad es simplemente un recuento del número de organismos en un lugar. Sin embargo, la biodiversidad tiene muchas definiciones. Por ejemplo, a menudo es una medida de la cantidad de funciones diferentes que están realizando los organismos en un ecosistema (por ejemplo, número de herbívoros, omnívoros, predadores, descomponedores).
- 2) La biomasa es el peso de los organismos vivos. En contraste, la biodiversidad es un recuento de los organismos, ya sea a partir de un número absoluto o desde una perspectiva funcional. Los estudiantes pueden considerar que las áreas que parecen estar más cubiertas de epífitas poseen mayor biodiversidad. Pero esto no es necesariamente cierto, ya que la biomasa puede aumentar, disminuir o permanecer constante incluso como cambios en la biodiversidad.

Procedimiento

Apertura

Pida a los alumnos que definan el término "biodiversidad" y escriba las ideas clave en la pizarra. Puede ser útil dividir la palabra en sus componentes "bio" y "diversidad", con el fin de provocar la idea de que la diversidad puede abarcar muchas medidas diferentes. Solicite a los estudiantes argumenta por qué es importante medir la biodiversidad.

Desarrollo

Los estudiantes leen el folleto que les pide que naveguen a el dosel del panorama y deriven una estimación de la cantidad de especies de plantas epífitas que crecen en el dosel. Los estudiantes deben escribir su estimación en el espacio apropiado. Dado que el tiempo y los recursos para las estimaciones de la biodiversidad son limitados, los estudiantes deben limitarse a 10 minutos para este ejercicio.

Pida a los estudiantes que compartan sus estimaciones y las escribe en la pizarra. Las estimaciones probablemente variarán ampliamente, solicite a los estudiantes que conversen sobre el área cubierta y las plantas que incluyeron en la estimación (es decir, si incluyeron musgos y líquenes, por ejemplo), como posibles fuentes de error en las diferentes estimaciones.

A continuación, pida a los alumnos que formen grupos pequeños para obtener una estimación estandarizada de la biodiversidad. Haga énfasis en la idea de utilizar muestras independientes (replicación) a fin de obtener una estimación exacta (a través de la media) cuando toda la zona no se puede medir. Tenga en cuenta que la estimación de la biodiversidad del dosel se limita a conclusiones acerca de la copa de este árbol y que hacer una estimación sobre el dosel en este bosque implicaría muestras independientes en un gran número de árboles. Los estudiantes pueden normalizar su técnica de muestreo de la biodiversidad a una técnica de toda la clase, o al trabajo en grupos para volver a analizar el panorama y generar nuevas estimaciones. Las estimaciones finales se pueden compartir. Las técnicas y los resultados se puede discutir si es necesario.

Cierre

Para el trabajo individual o en pequeños grupos, pida a los estudiantes que traten de contestar las siguientes preguntas (consulte la página # 2 del folleto):

- 1) ¿Cuál es una definición de diversidad biológica, trabajada y medida en este ejercicio y en qué se diferencia de otras definiciones?
- 2) ¿Cuáles son los principales componentes para lograr una estimación exacta de la biodiversidad?
- 3) ¿Cómo se decide qué contar y qué no contar?
- 4) ¿Cómo la inclusión de la cantidad de cada especie presente en una muestra (es decir, la densidad de las especies) ha cambiado el proceso y cómo podría esto sumar información valiosa?

Evaluación sugerida para el estudiante: Pida a los estudiantes considerar un escenario en el que se debe proporcionar asesoramiento sobre la medición de la biodiversidad a una organización de conservación para decidir entre la compra y el mantenimiento de dos bosques diferentes (consulte la página # 3 del folleto). Aunque los criterios de asesoramiento estudiantes serán variables, estos deberán enfatizar en las diferentes medidas de la biodiversidad (es decir, medida numérica y funcional), también deberán discutir la necesidad de replicación con el fin de obtener una estimación precisa. Los

estudiantes también pueden identificar las técnicas más específicas para una estimación exitosa.

Para ampliar la lección

Presente a los estudiantes el desafío de elegir una función diferente de la biodiversidad para estudiar y desarrollar el método correspondiente a su medición. Utilice los mismos medios del Programa Dosel en las Nubes para desarrollar un nuevo conjunto de hipótesis y procedimientos. Pídales que comparen los datos encontrados con el nuevo método. Discutan las implicaciones de las diferencias observadas y los desafíos que los científicos podrían enfrentar en el mundo real.

Vocabulario

Biodiversidad, replicabilidad, riqueza de especies



Nombre:

Sección:

Fecha:

DEFINIENDO Y MIDIENDO LA BIODIVERSIDAD

Introducción

La ciencia que está referida al número de diferentes tipos de organismos en un área dada, se denomina biodiversidad. Con frecuencia se considera a la biodiversidad como el número de especies diferentes en un área (en adelante referida como riqueza de especies), sin embargo, hay muchas definiciones de biodiversidad. La biodiversidad también puede considerar los diferentes roles que desempeñan los organismos en su entorno (también llamada como diversidad biológica funcional). Por ejemplo, los ciervos sólo se alimentan de plantas (herbívoros) y los jaguares sólo comen animales (carnívoros). Estos son comportamientos muy distintos y una zona con sólo herbívoros podría considerarse con menor biodiversidad que una zona con herbívoros y carnívoros. Es importante de considerar que un área con sólo herbívoros puede realmente tener un mayor número de especies que un área con ambos, herbívoros y carnívoros.

Las medidas precisas de la diversidad biológica son importantes para entender cómo funcionan los ecosistemas y para tomar decisiones informadas acerca de la conservación.

- ¿Priorizamos la conservación de un área respecto a otra si tiene un mayor número de especies?
- ¿Qué pasa si hay un mayor número total de especies en un área, pero mayor biodiversidad funcional en la otra área?

Estas son algunas de las preguntas que los científicos y los responsables políticos deben considerar al tomar decisiones de conservación. Además, las medidas de la diversidad biológica no necesariamente incluyen el número de cada especie que se produce en cada zona (referido como uniformidad de especies).

La incorporación de la cantidad de miembros de cada especie que se produce en la zona (es decir, la densidad de las especies) puede ayudar a identificar las especies raras e informar las decisiones de conservación.

La biodiversidad de plantas y animales del dosel del bosque nuboso es absolutamente impresionante. Por ejemplo, hay literalmente miles de especies de plantas epífitas (que crecen sobre otras plantas) que sólo viven ahí y pasan toda su vida en el dosel. Aquí usted explorará las complejidades de la biodiversidad y su medición precisa mediante la exploración de las especies de plantas epífitas en el dosel de un bosque montano tropical nuboso.

Para empezar:

- Abra el panorama de dosel en el "**Bosque Altura Media**" haciendo clic en el **enlace # 2** y vaya hasta el dosel. Desactive los enlaces haciendo clic en el botón "**escenario natural**".
- Proceda a contar el número de diferentes especies de plantas epífitas que crecen en las ramas del árbol. No se preocupe por contar cada una de las especies diferentes que hay en las ramas. Escriba su estimación a continuación:

| |
|---|
| Estimación #1 de la diversidad de plantas del dosel _____ |
|---|

Siguiendo la discusión en la clase de su cuenta inicial de la diversidad biológica y la revisión de su método, escriba su nueva estimación a continuación:

| |
|---|
| Estimación #2 de la diversidad de plantas del dosel _____ |
|---|

DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Preguntas para el debate

1) Proporcionar una definición de biodiversidad y explicar ¿En qué se diferencia de otras definiciones?

2) ¿Cuáles son los principales componentes para lograr una estimación exacta de la biodiversidad?

3) ¿Cómo se decide qué contar y qué no contar?

4) ¿Cómo la inclusión del número de cada especie presente en una muestra (es decir, la densidad de especies) ha cambiado el proceso y cómo podría proveer información valiosa?

DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Evaluación de los estudiantes

Por favor responda a la siguiente situación:

Una organización conservacionista sin fines de lucro tiene la oportunidad de comprar y conservar dos diferentes propiedades forestales, pero sólo tienen dinero para comprar una de las dos. A ellos les gustaría hacer una evaluación de la biodiversidad que les ayude a tomar una decisión sobre qué propiedad comprar. Ellos le contratan como asesor en el diseño y la interpretación de los resultados. Propóales cinco sugerencias para asegurar que se tome la decisión correcta.



1)

2)

3)

4)

5)

Apéndice F

Plan de construcción y cuestionario para expertos

| Nombre de la Variable | Contenido | Escala | Ítem | Valores |
|------------------------------------|--|---------|------|-----------------------------|
| Edad | ¿Cuál es su edad en años cumplidos? | Razón | 01 | Respuesta abierta |
| Sexo | ¿Cuál es su sexo? | Nominal | 02 | 01 Femenino 02 Masculino |
| Disciplina | ¿Cuál es su disciplina e trabajo en el campo de la Ciencia? | Nominal | 03 | Respuesta abierta |
| Concepto biodiversidad | ¿Cómo define el término biodiversidad? | Nominal | 04 | Respuesta abierta |
| Conceptos centrales | ¿Cuáles son los conceptos centrales que, según su opinión, denotan una definición comprensiva del término biodiversidad? | Nominal | 05 | Respuesta abierta |
| Conceptos complementarios | ¿Cuáles son los conceptos complementarios que, según su opinión, denotan una definición comprensiva del término biodiversidad? | Nominal | 06 | Respuesta abierta |
| Concepción errónea más frecuente | A su juicio ¿Cuál es la concepción errónea más frecuente que tienen los estudiantes sobre el concepto biodiversidad? | Nominal | 07 | Respuesta abierta |
| Esquema del concepto biodiversidad | Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad, estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y complementarios que definió en los ítems 5 y 6. | Nominal | 08 | Respuesta abierta |

Cuestionario sobre el concepto biodiversidad para los expertos

FORMULARIO

Cuestionario para expertos

Como parte de proyecto de investigación *“Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental sobre el concepto “biodiversidad”, en jóvenes entre 13 y 15 años participantes en el proyecto Dosel en las Nubes”*, se requiere establecer el mapa mental del experto. En el marco anterior se les solicita completar el siguiente cuestionario.

La información recopilada será utilizada únicamente en el contexto de la investigación para construir un perfil conceptual genérico con criterio experto.

Complete los espacios con la respuesta que describa su opinión y marque una equis en el paréntesis que señale su condición, según corresponda a cada ítem.

No escriba aquí

1. Edad en años cumplidos

/____/

2. Sexo

() Femenino

() Masculino

/____/

3. Disciplina de trabajo en el campo de la Ciencia

/____/

4. ¿Cómo define el término biodiversidad?

/____/

5. Cuáles son los conceptos centrales que, según su opinión, denotan una

definición comprensiva del término biodiversidad?

- a. _____ /____/
- b. _____ /____/
- c. _____ /____/
- d. _____ /____/
- e. _____ /____/

6. ¿Cuáles son los conceptos complementarios que, según su opinión, denotan una definición comprensiva del término biodiversidad?

- a. _____ /____/
- b. _____ /____/
- c. _____ /____/
- d. _____ /____/
- e. _____ /____/

7. ¿A su juicio cuál es la concepción errónea más frecuente que tienen los estudiantes sobre el concepto biodiversidad? /____/

8. Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y los complementarios que definió en los ítems 5 y 6.

¡Muchas Gracias!

FORMULARIO

Cuestionario para expertos

Como parte de proyecto de investigación "Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental sobre el concepto "biodiversidad", en jóvenes entre 13 y 15 años participantes en el proyecto *Dosel en las Nubes*", se requiere establecer el mapa mental del experto. En el marco anterior se les solicita completar el siguiente cuestionario.

La información recopilada será utilizada únicamente en el contexto de la investigación para construir un perfil conceptual genérico con criterio experto.

Complete los espacios con la respuesta que describa su opinión y marque una equis en el paréntesis que señale su condición, según corresponda a cada ítem.

No escriba aquí

1. Edad en años cumplidos

29

/

2. Sexo

() Femenino

Masculino

/

3. Disciplina de trabajo en el campo de la Ciencia

Ecologo Tropical

/

4. ¿Cómo define el término biodiversidad?

/

La variedad de organismos en la planeta y sus ecosistemas.

5. ¿Cuáles son los conceptos centrales que, según su opinión, denotan una definición comprensiva del término biodiversidad?

- a. variedad ~~ó abundancia~~
- b. variación genética/fenotípica
- c. organismos
- d. filogenia
- e. hábitat/ecosistema adaptación,

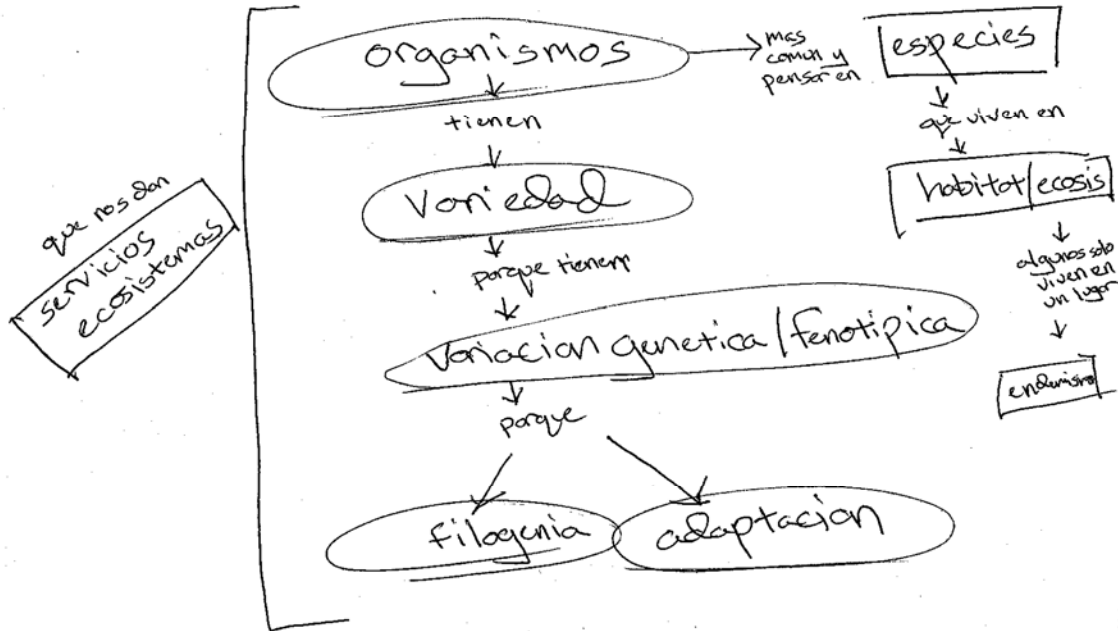
6. ¿Cuáles son los conceptos complementarios que, según su opinión, denotan una definición comprensiva del término biodiversidad?

- a. hábitat/ecosistema
- b. especie
- c. servicios ecosistemas
- d. endemismo
- e. _____

7. ¿A su juicio cuál es la concepción errónea más frecuente que tienen los estudiantes sobre el concepto biodiversidad?

Que la biodiversidad es solamente
la cantidad de organismos y nada
mas... podemos pensar en cantidad
y funcionalidad (por ejemplo)

8. Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y los complementarios que definió en los ítems 5 y 6.



¡Muchas Gracias!

Apéndice G

Plan de construcción y cuestionario para estudiantes

| Variable | Contenido | Escala | Ítem | Valores |
|--------------------------------|---|--------|------|-------------------|
| Edad | ¿Cuál es su edad en años cumplidos? | Razón | 01 | Respuesta abierta |
| Sexo | ¿Cuál es su sexo? | Nomina | 02 | |
| | - Femenino | | | 1 |
| Concepto biodiversidad | - Masculino | | | 02 |
| | La biodiversidad de un lugar se define como: | Razón | 03 | 01 |
| | - Toda la cantidad de especies existentes en el lugar. | | | 02 |
| | - La variación de la vida y todos los niveles de organización de ese lugar. | | | 03 |
| Ejemplo de mayor biodiversidad | - Las distintas funciones que desempeñan los especímenes en el ecosistema. | | | 04 |
| | - La riqueza y abundancia de especies del lugar. | | | |
| | ¿Cuál de los siguientes casos ilustra un ejemplo de mayor biodiversidad? | Razón | 04 | |
| | - Un lugar con 5 especies de murciélagos que sólo comen un tipo de insecto. | | | 01 |
| | - Un lugar con 5 especies de murciélagos que comen peces, insectos, frutas, ranas y néctar. | | | 02 |
| Concepciones erróneas | - Un lugar con 10 especies de murciélagos que sólo comen insectos. | | | 03 |
| | - Un lugar sin murciélagos. | | | 04 |
| | ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera en relación con la biodiversidad? | Razón | 05 | 01 |
| | - Es estable y conocida para un lugar determinado. | | | 02 |
| | - Evoluciona y está relacionada a un lugar determinado. | | | 03 |
| | - Un ecosistema más saludable es aquel que tiene más especies. | | | 04 |
| | - Se mide contando el número total de especies que se encuentran en el lugar. | | | |

GRUPO

FORMULARIO

Cuestionario para estudiantes

Como parte de proyecto de investigación “Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental sobre el concepto “biodiversidad”, se les solicita completar el siguiente cuestionario. La información recopilada será utilizada únicamente en el contexto de la investigación. ¡Muchas gracias por su colaboración!

Complete los espacios con la respuesta que describa su opinión y marque una equis en el paréntesis que señale su condición, según corresponda a cada ítem.

No escriba aquí

9. Edad en años cumplidos

/ ____ /

10. Sexo

() Femenino

() Masculino

/ ____ /

11. La biodiversidad de un lugar se define como:

() Toda la cantidad de especies existentes en el lugar.

() La variación de la vida y todos los niveles de organización de ese lugar.

() Las distintas funciones que desempeñan los especímenes en el ecosistema.

() La riqueza y abundancia de especies del lugar.

/ ____ /

12. ¿Cuál de los siguientes casos ilustra un ejemplo de mayor biodiversidad?

() Un lugar con 5 especies de murciélagos que sólo comen un tipo de insecto.

() Un lugar con 5 especies de murciélagos que comen peces, insectos, frutas, ranas y néctar.

() Un lugar con 10 especies de murciélagos que sólo comen insectos.

() Un lugar sin murciélagos.

/ ____ /

13. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera en relación con la biodiversidad?

() Es estable y conocida para un lugar determinado.

() Evoluciona y está relacionada a un lugar determinado.

() Un ecosistema más saludable es aquel que tiene más especies.

() Se mide contando el número total de especies que se encuentran en el lugar.

/ ____ /

¡Muchas Gracias!

Apéndice H

Mapas mentales de los estudiantes

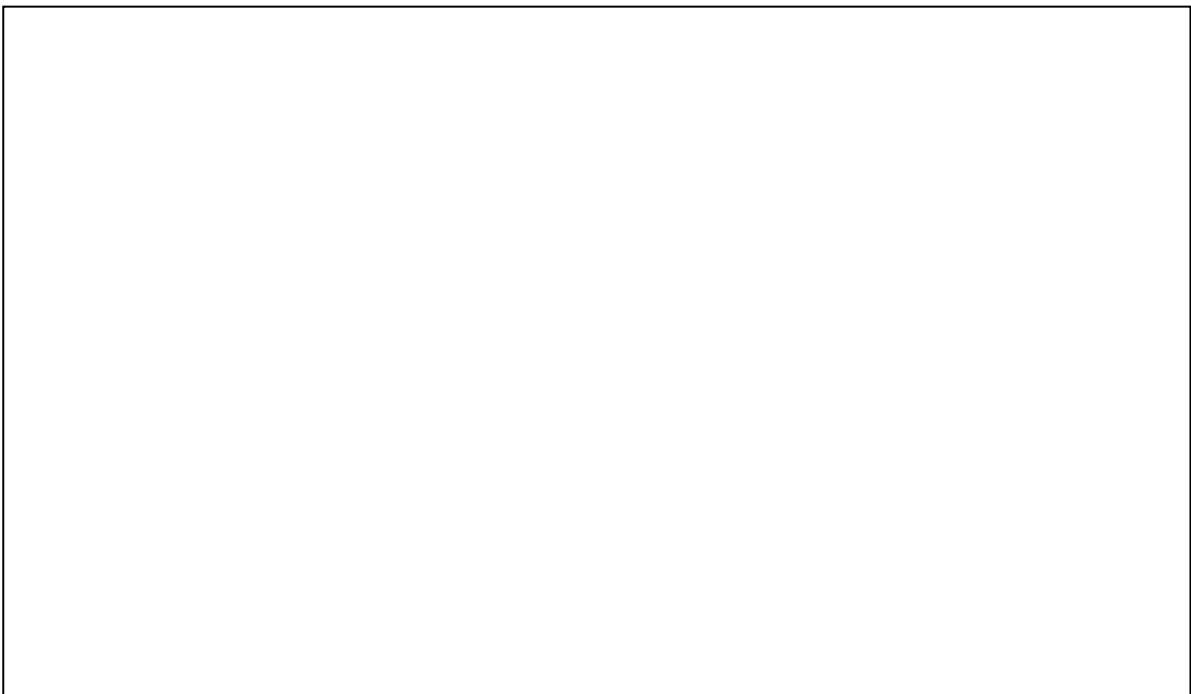
Grupo _____

Estudiante _____

1. Cito ocho conceptos clave relacionados con la comprensión de la biodiversidad de un área determinada.

| BIODIVERSIDAD | | | |
|---------------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 |

2. Elaboro un esquema o mapa en el cual relaciono los conceptos citados



Ejemplos de mapas elaborados por los estudiantes

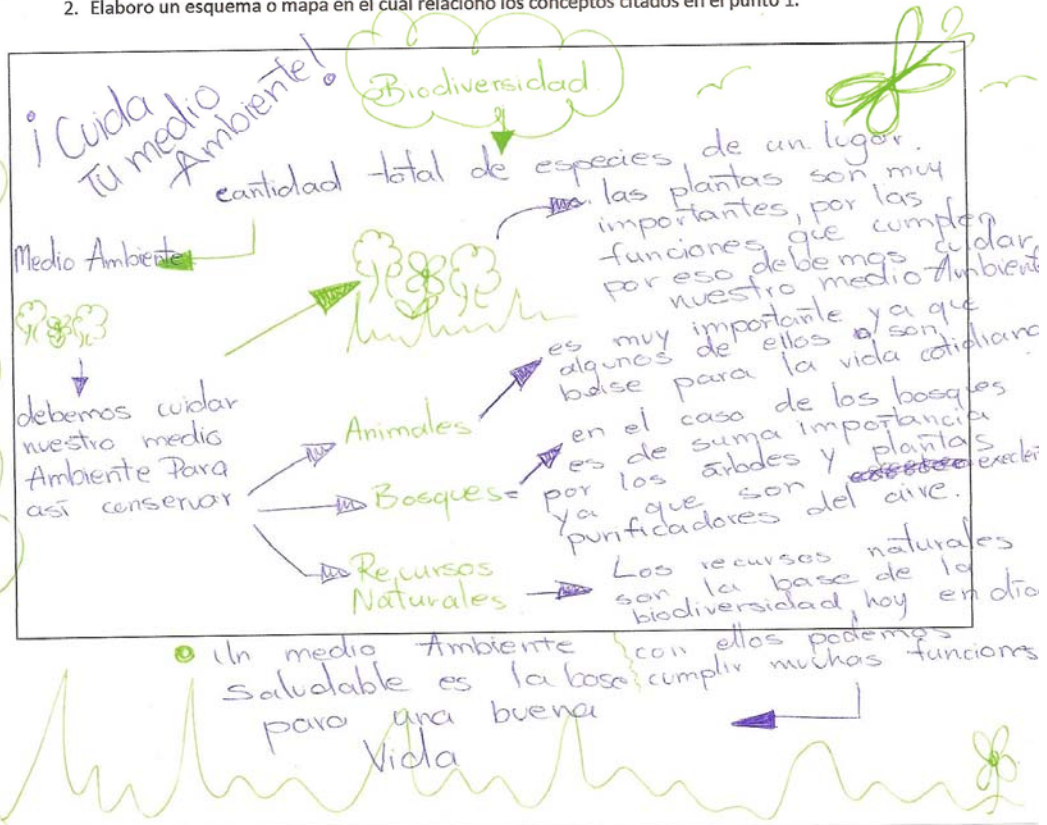
Grupo B

Estudiante 6

1. Cito ocho conceptos clave relacionados con la comprensión de la biodiversidad de un área determinada.

| BIODIVERSIDAD | | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|
| 1 Medio Ambiente | 2 Especies Animales | 3 Ecosistema | 4 Bosques |
| 5 Recursos Naturales | 6 Plantas | 7 Pantanos | 8 Rios |

2. Elaboro un esquema o mapa en el cual relaciono los conceptos citados en el punto 1.



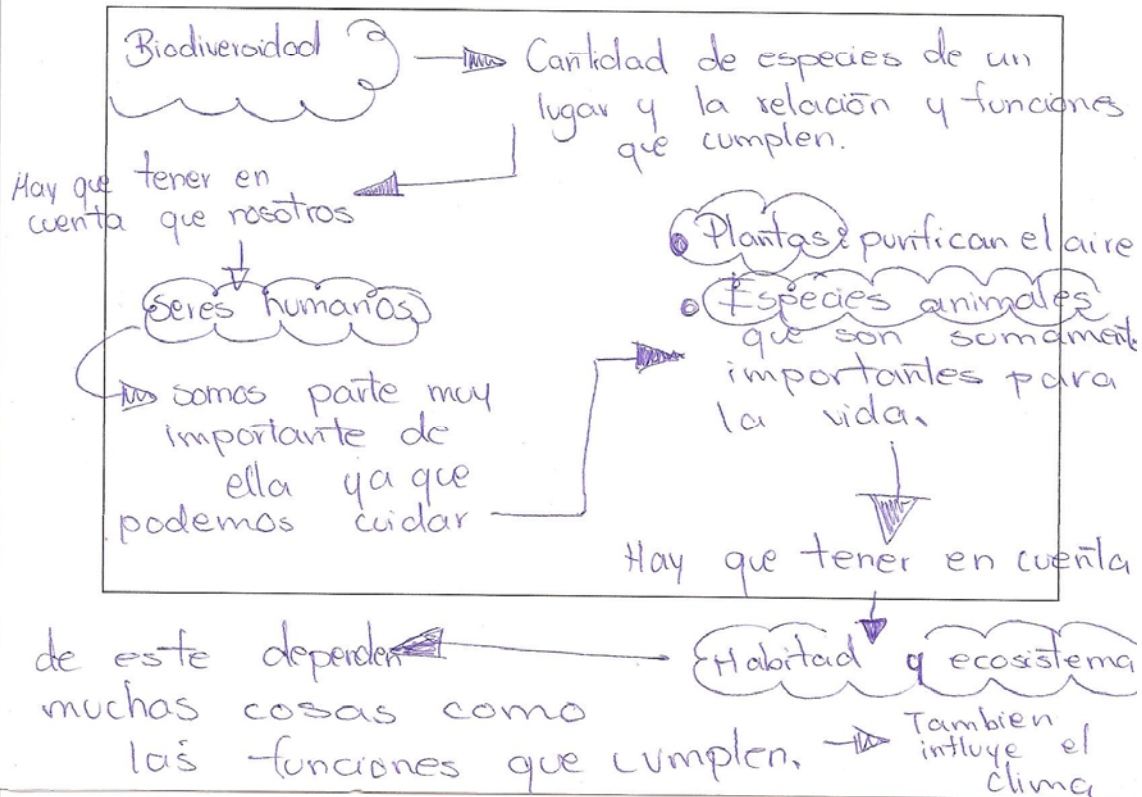
Grupo B

Estudiante B6

1. Cito ocho conceptos clave relacionados con la comprensión de la biodiversidad de un área determinada.

| BIODIVERSIDAD | | | |
|------------------------|--------------|-----------------|---|
| 1 Seres humanos | 2 Plantas | 3 Ecosistema | 4 |
| 5 Especies animales | 6 Habitad | 7 Clima | 8 |

2. Elaboro un esquema o mapa en el cual relaciono los conceptos citados en el punto 1.



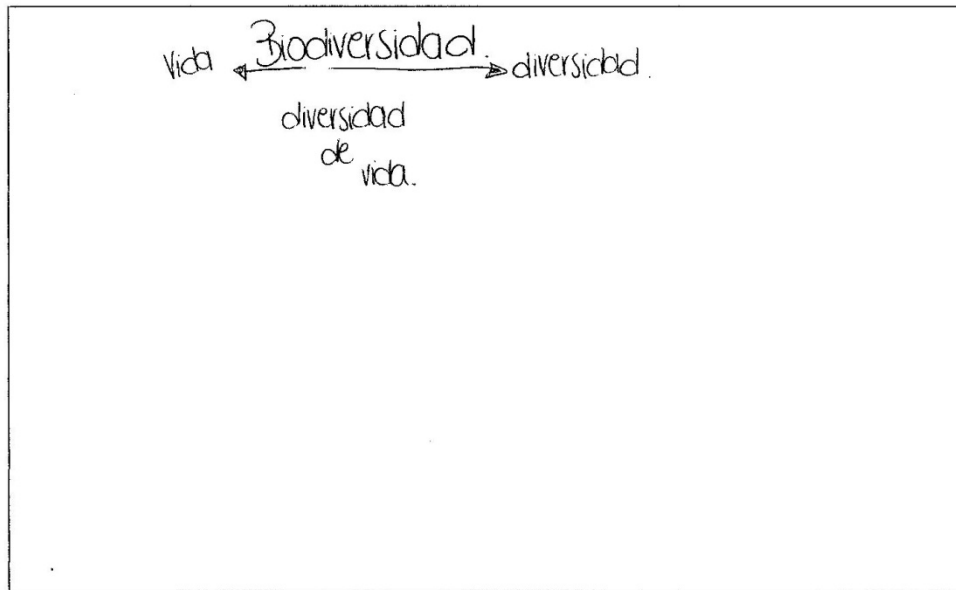
Grupo a

Estudiante 17

1. Cito ocho conceptos clave relacionados con la comprensión de la biodiversidad de un área determinada.

| BIODIVERSIDAD | | | |
|-----------------|---------------|--------------------|-----------------|
| 1 Ser humano | 2 Animales | 3 flora y fauna | 4 diversidad |
| 5 Bacterias | 6 Plantas | 7 Vida. | 8 Reinos. |

2. Elabore un esquema o mapa en el cual relacione los conceptos citados en el punto 1.



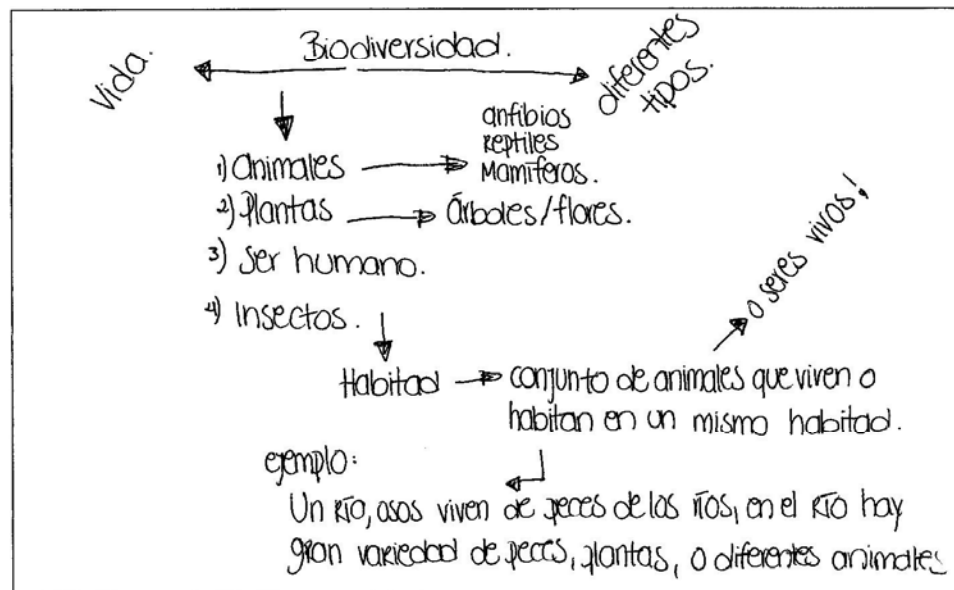
Grupo a

Estudiante 17

1. Cito ocho conceptos clave relacionados con la comprensión de la biodiversidad de un área determinada.

| BIODIVERSIDAD | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|------------------|
| 1 Naturaleza. | 2 Animales. | 3 Insectos. | 4 Sex humano. |
| 5 diferentes especies. | 6 Plantas. | 7 Vida. | 8 Habitad. |

2. Elaboro un esquema o mapa en el cual relaciono los conceptos citados en el punto 1.



Apéndice I

Guión de entrevista con la profesora de Ciencias

1. ¿Cómo valora la unidad didáctica?

“La guía didáctica concretiza bien una definición de biodiversidad que abarca tanto la riqueza de especies como las interrelaciones o roles que cumplen las especies en un ecosistema, así como el por qué es importante hacer mediciones de biodiversidad (Esta parte nos dice el qué y para qué del nuevo conocimiento). Luego ubica al lector específicamente en la realidad de un sector de nuestro bosque nuboso, y en una clase de planta inmersa en un ecosistema.”

“Esta intervención teórica prepara al estudiante al trabajo de campo que debe de realizar con el software. Se dan instrucciones precisas para utilizar el software y se pide contar el número de diferentes especies de plantas epífitas.”

“Los estudiantes deben de intuir formas de clasificar las plantas para realizar el conteo y al final se divulgan y comparten los datos obtenidos. Se abre un espacio de reflexión y se promueve la utilización de medidas promedio que nos brinden datos más cercanos a una realidad.”

“A mi criterio la unidad explora poco la diversidad funcional y se enfoca en el concepto más concreto de biodiversidad, entendido como variedad de especies, por lo que en primer momento es posible que el estudiante siga manejando la idea de biodiversidad como conteo de especies”.

“La complejidad de realizar un conteo de diferentes especies de plantas cuando hay gran aglomeración de éstas en el dosel de un sólo árbol.”

“La importancia de realizar estimaciones que le permitan al científico tener una mejor idea de un fenómeno complejo.”

2. ¿Cuál su valoración del hipermedia como recurso para apoyar el aprendizaje propuesto en la unidad didáctica?

“Se les brinda una panorámica en alta definición del dosel del bosque. El software les brinda otros elementos visuales que pueden enriquecer el concepto de biodiversidad:

“Se visualiza mucho la variedad de formas como parte de las adaptaciones que le permitan a las plantas vivir en ese ambiente (competencia por la luz)”

“Permite la exploración del concepto de hábitat y elementos abióticos como clima. La simulación del bosque en imágenes refleja gran humedad y por tanto una gran riqueza hídrica del bosque nuboso.”

“La simulación del bosque brinda una visión, más amplia del ecosistema porque permite una mayor cercanía con áreas poco exploradas por el difícil acceso.”

Apéndice J

Delimitación de aspectos, categorías y unidades de observación de la actividad de mediación de la profesora; rejilla de observación

| Aspectos por observar | Definición | Categorías | Unidades |
|--|--|--|---|
| 1. Tipo de estrategias didácticas que utiliza el profesor para mediar el trabajo de los estudiantes con el hipermedia educativo. | Conjunto de acciones que realiza el profesor tendientes a la enseñanza y aprendizaje usando el hipermedia. | <ul style="list-style-type: none"> a. Explicación magistral de conceptos antes de navegación con hipermedia. b. Navegación abierta c. Navegación con protocolo y directriz. d. Resolución de consultas en forma individual. e. Resolución de consultas en forma grupal. | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |
| 2. Momento preponderante de uso de las estrategias didácticas por el profesor. | Tiempo de la lección donde se produce el uso de las estrategias didácticas. | <ul style="list-style-type: none"> a. Acciones iniciales b. Acciones de profundización c. Acciones evaluativa. d. Por solicitud e. Cuando hay algún bloqueo en un estudiante o un grupo. | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |
| 3. Frecuencia de uso de las estrategias didácticas. | Cantidad de veces que se utilizan las estrategias. | <ul style="list-style-type: none"> a. Muy frecuente b. Poco frecuente c. Muy infrecuente | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |

Rejilla de observación de la mediación pedagógica de la profesora

| | | | |
|---------------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Nombre de la observador: | | Fecha: | |
| Nombre de la profesora: | | | |
| Grupo: | Nivel: | H _____ | M _____ |
| Hora de inicio: | | Hora de término: | |

| Tiempo/hora | Aspecto observado | | |
|------------------------------------|--|--|---|
| | Tipo de estrategia | Momento de uso | Frecuencia |
| | <input type="checkbox"/> EM <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> RCI <input type="checkbox"/> RCG O _____ | <input type="checkbox"/> AI <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> MF <input type="checkbox"/> PF <input type="checkbox"/> MI |
| | <input type="checkbox"/> EM <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> RCI <input type="checkbox"/> RCG O _____ | <input type="checkbox"/> AI <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> MF <input type="checkbox"/> PF <input type="checkbox"/> MI |
| | <input type="checkbox"/> EM <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> RCI <input type="checkbox"/> RCG O _____ | <input type="checkbox"/> AI <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> MF <input type="checkbox"/> PF <input type="checkbox"/> MI |
| | <input type="checkbox"/> EM <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> RCI <input type="checkbox"/> RCG O _____ | <input type="checkbox"/> AI <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> MF <input type="checkbox"/> PF <input type="checkbox"/> MI |
| Otra información pertinente | | | |
| | | | |

Manual de códigos para la observación sistemática

| Aspectos observados | Códigos de observación |
|--|---|
| Tipo de estrategia didáctica usada | EM = Exposición magistral NA = Navegación abierta NP = Navegación con protocolo y directriz RCI = Resolución de consultas individuales RCG = Resolución de consultas al grupo O = Otra _____ |
| Momento de uso de la estrategia | AI = Actividad inicial P = Actividad de profundización E = Actividad evaluativa B = Actividad por bloqueo |
| Pertinencia de la estrategias usada | MF = Muy frecuente PF = Poco frecuente MI = Muy infrecuente |

Apéndice K

Delimitación de aspectos, categorías y unidades de observación de la actividad de aprendizaje de los estudiantes; rejilla

| Aspectos por observar | Definición | Categorías | Unidades |
|--|--|--|---|
| 4. Tipo de estrategias que utiliza el estudiante con el multimedia educativo. | Conjunto de acciones que realiza el estudiante tendientes al aprendizaje usando el multimedia. | a. Navega solo sin un plan. b. Tiene un propósito personal claro para su navegación. c. Espera y sigue instrucciones del profesor. d. Sigue la ruta establecida por otro compañero. | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |
| 5. Frecuencia de uso de estrategias que utiliza el estudiante con el multimedia educativo. | Cantidad de veces que se usa la estrategia. | a. Muy frecuente b. Poco frecuente c. Muy infrecuente | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |
| 6. Efectividad de uso de estrategias respecto al logro de objetivos de la clase. | Capacidad de lograr lo propuesto por la consigna de aprendizaje propia o del profesor. | a. Muy efectiva b. Poco efectiva c. Muy poco efectiva | Período mínimo de 40 minutos en una sesión de observación |

Rejilla de observación del trabajo de los estudiantes

| | | | |
|---------------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Nombre de la observador: | | Fecha: | |
| Nombre del estudiante: | | | |
| Grupo: | Nivel: | H _____ | M _____ |
| Hora de inicio: | | Hora de término: | |

| Tiempo/hora | Aspecto observado | | |
|------------------------------------|--|----------------------|-----------------------|
| | Tipo de estrategia | Frecuencia de uso | Efectividad |
| | () NS () PRO () SI () RCI () ROC O _____ | () MF () PF () MI | () ME () PE () MPE |
| | () NS () PRO () SI () RCI () ROC O _____ | () MF () PF () MI | () ME () PE () MPE |
| | () NS () PRO () SI () RCI () ROC O _____ | () MF () PF () MI | () ME () PE () MPE |
| | () NS () PRO () SI () RCI () ROC O _____ | () MF () PF () MI | () ME () PE () MPE |
| Otra información pertinente | | | |

**Manual de códigos para la observación sistemática
del trabajo de los estudiantes**

| Aspectos observados | Códigos de observación |
|--|---|
| Tipo de estrategia didáctica usada | NS = Navega sólo y sin plan PRO = Tiene un propósito personal claro SI = Espera y sigue instrucciones ROC = Sigue ruta trazada por otro compañero O = Otra _____ |
| Frecuencia de uso de la estrategia | MF = Muy frecuente PF = Poco frecuente MI = Muy infrecuente |
| Efectividad de uso de la estrategia | ME = Muy efectiva PE = Poco efectiva MPE = Muy poco efectiva |

Apéndice L

Matriz de análisis de contenido

| Kategorías GRUPO I | Concepto central y derivaciones | | | | | Conceptos complementarios | | | | | | | | | | Nocións crónicas | | | | Puntajes | | |
|-----------------------|---------------------------------|-----|-----|---------------|-----|---------------------------|----------|---------|--------|----------|--------|--------|-------------|------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|----------|-----------|---|
| | Variación de la vida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pre | Ive | Cha | Kidof/Inq kos | Ive | Pre | Kadoniam | Kapozto | Hélska | Serrións | Konóns | Konóns | Adaptacións | Variacións | Solo cantidad | No. D. 2400000 | Asuntos y plantillas a parno re | Katóns | Solo de cuentas | Ofón (°) | Ofóns (°) | |
| 01-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01-16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Kategorías GRUPO I | Concepto central y derivaciones | | | | | Conceptos complementarios | | | | | | | | | | Nocións crónicas | | | | Puntajes | | |
|-----------------------|---------------------------------|-----|-----|---------------|-----|---------------------------|----------|---------|--------|----------|--------|--------|-------------|------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|--------|-----------------|----------|-----------|---|
| | Variación de la vida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pre | Ive | Cha | Kidof/Inq kos | Ive | Pre | Kadoniam | Kapozto | Hélska | Serrións | Konóns | Konóns | Adaptacións | Variacións | Solo cantidad | No. D. 2400000 | Asuntos y plantillas a parno re | Katóns | Solo de cuentas | Ofón (°) | Ofóns (°) | |
| 02-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Apéndice M

Mapas sobre el concepto biodiversidad, elaborados por los expertos

8. Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y los complementarios que definió en los ítems 5 y 6.

Biodiversidad = Variación en la vida

8. Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y los complementarios que definió en los ítems 5 y 6.

8. Dibuje un esquema que grafique el concepto biodiversidad estableciendo relaciones entre los conceptos fundamentales y los complementarios que definió en los ítems 5 y 6.

Apéndice N

Listado de conceptos de los mapas elaborados por cada estudiante del

Grupo 1

| Sujeto | Pre-test | Post-test | Sujeto | Pre-test | Post-test |
|--------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------|----------------------------------|
| 1 | Flora | Flora | 5 | Ecosistema | Personas |
| | Fauna | Fauna | | Especies | Ecosistema |
| | Especies | Especies | | | Diversidad de plantas y animales |
| | Ecosistema | Ecosistema | | Vida | Árboles |
| | Variedad | Variedad | | Animales | Especies |
| | | Cantidad | Naturaleza | Árboles | |
| | | Lugar/hábitat | Árboles | Dosel | |
| 2 | Humanos | Humanos | Flora | Epífitas | |
| | Insectos | Reptiles | Insectos | Vida | |
| | Mamíferos | Flora y fauna | Microorganismos | | |
| | Animales | Hormigas | Lugar | | |
| | Plantas | Plantas | 6 | Medio | Personas |
| | Árboles | Helechos | Especies | Especies | Cantidad |
| | Microorganismos | Microorganismos | Ecosistema | Bosques | Especies |
| | Reptiles | Reptiles | Plantas | Pantanos | Lugar |
| | Especies | Anfibios | Ríos | Cantidad | Relaciones |
| 3 | Árboles | Luz del Sol | Especies | Funciones | |
| | Animales | Árboles | Lugar | Vida | |
| | Anfibios | Animales | Funciones | Hábitat | |
| | Reptiles | Hábitat | Cuido | Ecosistema | |
| | Microorganismos | Reproducción | 7 | Clima | |
| | Plantas | Microorganismos | Animales | Dependencia | |
| | Tierra | Especies | Árboles | Plantas | |
| | | Alimento | Plantas | Perros | |
| | Clases de plantas | Ranas | Árboles | | |
| | Ecosistema | Crecimiento | Ranas | | |
| 4 | Flora | Hábitat | Reproducción | Peces | |
| | Mariposas | Vida | Insectos | Hormigas | |
| | Alimento | Flora | | | |
| | Flores y frutos | Árboles | | | |
| | Naturaleza | Alimento | | | |
| | Árboles | Insectos | | | |
| | Insectos | Mariposas | | | |
| | Microorganismos | Especies | | | |
| | Insectos | | | | |

| Sujeto | Pre-test | Post-test | Sujeto | Pre-test | Post-test | |
|---------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 8 | Plantas | Plantas | 12 | Lugar | Especies | |
| | Animales | Animales | | Plantas | Flora | |
| | Células | Células | | Animales | Fauna | |
| | Microorganismos | Microorganismos | | Bacterias | Bosque | |
| | Partículas | Partículas | | Humanos | | |
| | 9 | Especies | Cantidad | 13 | Animales | Animales |
| | | Animales | Especies | | Bacterias | Microorganismos |
| | | Plantas | Plantas | | Ecosistema | Plantas |
| | | Mariposas | Animales | | Plantas | Hábitat |
| Tigre | | Culebra | Bosques | | Alimento | |
| 10 | | Gorila | Leones | 14 | Lugar | Especies |
| | | Lagarto | Perro | | Especie | Vida |
| | | | Insectos | | Plantas | Plantas |
| | | | | | Animales | Animales |
| | | | Bacterias | | Diversidad | |
| | 11 | Especies | Plantas | 15 | Alimento | Bosque |
| | | Animales | Culebra | | Ecosistema | Funciones |
| | | Reproducción | Rana | | Beneficios | Lugar |
| | | Sapo | Sapo | | Insectos | Ecosistema |
| Rana | | | Especie | | Especie | |
| 12 | Ecosistema | Ecosistema | 16 | Variedad | Variedad | |
| | Fauna | Bosque | | Vida | Ecosistema | |
| | Flora | Especies | | Lugar | Funciones | |
| | Clima | Animales | | Ecosistema | Determinación biológica | |
| | Medio | Plantas | | Clima | Flora | |
| | | Tipos | Flora y fauna | Fauna | | |
| | | Medio | Alimento | Supervivencia | | |
| | | | | Clima | | |
| | | | | | | |

| Sujeto | Pre-test | Post-test |
|---------------|-----------------|------------------|
| 10 | Reptiles | Especies |
| | Culebra | Plantas |
| | Anfibios | Animales |
| | Sapo | Flora |
| | | Fauna |
| | | Árboles |
| 11 | Especie | Especies |
| | Lugar | Lugar |
| | Cantidad | Flora |
| | Clima | Fauna |
| | Hábitat | Cantidad |
| | Dependencia | |
| 12 | Persona | Vida |
| | Animales | Naturaleza |
| | Flora | Plantas |
| | Diversidad | Variedad |
| | Vida | Animales |
| | Plantas | Hábitat |
| | Bacterias | Insectos |
| | | Especies |
| | | Flores |
| | | Mamíferos |
| | | Reptiles |
| | | Lugar |
| | | Ríos |
| | Árboles | |
| | Anfibios | |

| Sujeto | Pre-test | Post-test |
|---------------|-----------------|------------------|
| 13 | Plantas | Plantas |
| | Animales | Animales |
| | Ríos | Ríos |
| | | Frutas |
| | | Personas |
| 14 | Especie | Especie |
| | Flora | Flora |
| | Fauna | Fauna |
| | Población | Variedad |
| | Clima | Clima |
| | | Lugar |
| 15 | Naturaleza | Animales |
| | Flora | Plantas |
| | Fauna | Sapos |
| | Animales | Culebras |
| | Árboles | |
| | Plantas | |
| | | |

Apéndice P

Lista de conceptos identificados por estudiantes en los mapas, según grupo y momento

Listado de conceptos del pre-test del Grupo 1

| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------|------------|------------|
| Flora | 14 | 12.1 |
| Microorganismos | 5 | 4.3 |
| Reptiles | 2 | 1.7 |
| Anfibios | 1 | .9 |
| Tierra | 1 | .9 |
| Mariposas | 2 | 1.7 |
| Alimento | 3 | 2.6 |
| Flor y fruto | 1 | .9 |
| Naturaleza | 2 | 1.7 |
| Vida | 3 | 2.6 |
| Lugar | 5 | 4.3 |
| Fauna | 13 | 11.2 |
| Hábitat | 2 | 1.7 |
| Bosque | 2 | 1.7 |
| Pantano | 1 | .9 |
| Río | 1 | .9 |
| Cantidad | 2 | 1.7 |
| Función | 1 | .9 |
| Cuido | 1 | .9 |
| Rana | 2 | 1.7 |
| Crecimiento | 1 | .9 |
| Reproducción | 2 | 1.7 |
| Especie | 11 | 9.5 |
| Célula | 1 | .9 |
| Partícula | 1 | .9 |
| Supervivencia | 1 | .9 |
| Tigre | 1 | .9 |
| Gorila | 1 | .9 |
| Lagarto | 1 | .9 |
| Sapo | 1 | .9 |
| Clima | 2 | 1.7 |
| Bacteria | 3 | 2.6 |
| Beneficio | 1 | .9 |
| Ecosistema | 8 | 6.9 |
| Variedad | 4 | 3.4 |
| Persona | 2 | 1.7 |
| Insectos | 5 | 4.3 |
| Mamíferos | 1 | .9 |
| Árboles | 5 | 4.3 |
| Total | 116 | 100.0 |

Listado de conceptos del post-test del Grupo I

| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------|------------|------------|
| Flora | 14 | 11.8 |
| Microorganismos | 4 | 3.4 |
| Reptiles | 4 | 3.4 |
| Anfibios | 1 | .8 |
| Mariposas | 1 | .8 |
| Alimento | 3 | 2.5 |
| Vida | 3 | 2.5 |
| Lugar | 3 | 2.5 |
| Fauna | 11 | 9.2 |
| Hábitat | 5 | 4.2 |
| Bosque | 3 | 2.5 |
| Cantidad | 4 | 3.4 |
| Función | 4 | 3.4 |
| Rana | 5 | 4.2 |
| Reproducción | 1 | .8 |
| Especie | 11 | 9.2 |
| Célula | 1 | .8 |
| Partícula | 1 | .8 |
| Supervivencia | 1 | .8 |
| Lagarto | 1 | .8 |
| Sapo | 2 | 1.7 |
| Clima | 2 | 1.7 |
| Ecosistema | 8 | 6.7 |
| Hormiga | 1 | .8 |
| Helecho | 1 | .8 |
| Luz | 1 | .8 |
| Dosel | 1 | .8 |
| Epífita | 1 | .8 |
| Relación | 2 | 1.7 |
| Dependencia | 1 | .8 |
| Oxígeno | 1 | .8 |
| Variedad | 6 | 5.0 |
| Persona | 3 | 2.5 |
| Insectos | 2 | 1.7 |
| Mamíferos | 1 | .8 |
| Árboles | 5 | 4.2 |
| Total | 119 | 100.0 |

Listado de conceptos del pre-test del Grupo2

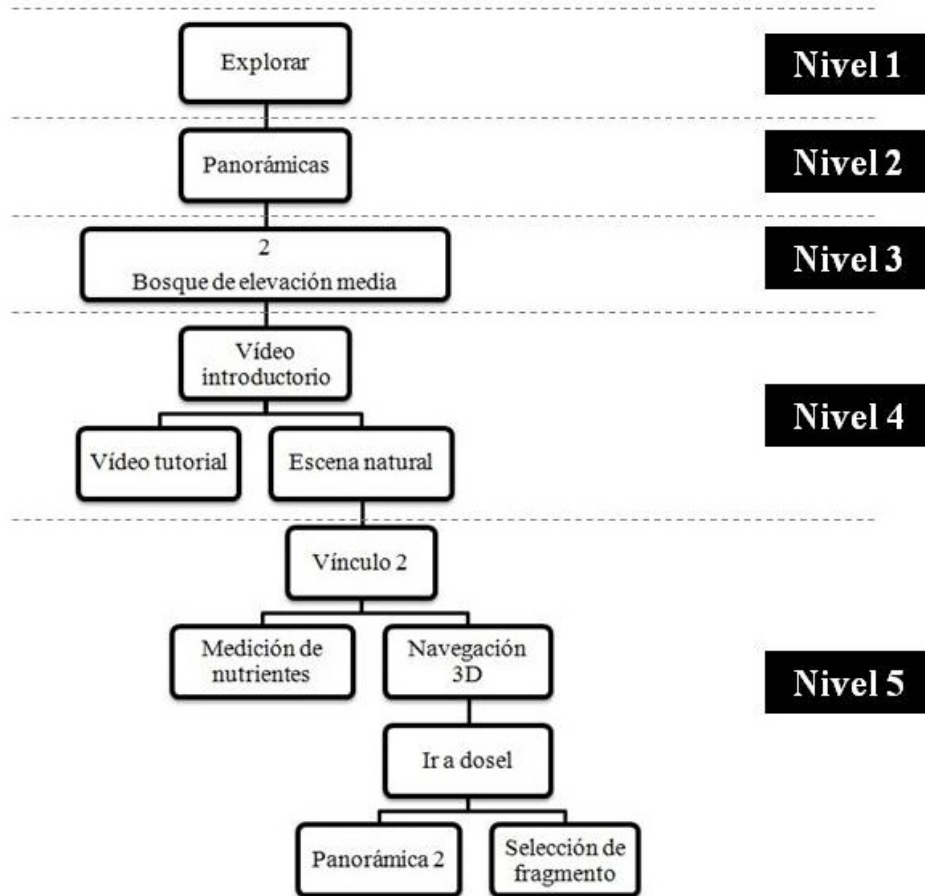
| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Flora | 7 | 8.6 |
| Microorganismos | 1 | 1.2 |
| Reptiles | 2 | 2.5 |
| Anfibios | 3 | 3.7 |
| Mariposas | 1 | 1.2 |
| Alimento | 1 | 1.2 |
| Flor y fruto | 1 | 1.2 |
| Naturaleza | 4 | 4.9 |
| Vida | 4 | 4.9 |
| Lugar | 4 | 4.9 |
| Fauna | 9 | 11.1 |
| Hábitat | 3 | 3.7 |
| Bosque | 1 | 1.2 |
| Río | 2 | 2.5 |
| Cantidad | 5 | 6.2 |
| Cuido | 1 | 1.2 |
| Rana | 2 | 2.5 |
| Especie | 4 | 4.9 |
| Sapo | 1 | 1.2 |
| Clima | 3 | 3.7 |
| Ecosistema | 4 | 4.9 |
| Relaciones | 2 | 2.5 |
| Familia | 1 | 1.2 |
| Características | 1 | 1.2 |
| Variedad | 3 | 3.7 |
| Condiciones de vida | 1 | 1.2 |
| Persona | 3 | 3.7 |
| Insectos | 2 | 2.5 |
| Mamíferos | 3 | 3.7 |
| Árboles | 2 | 2.5 |
| Total | 81 | 100.0 |

Listado de conceptos del post-test del Grupo2

| Conceptos | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------|------------|------------|
| Flora | 14 | 14.9 |
| Microorganismos | 4 | 4.3 |
| Tierra | 1 | 1.1 |
| Alimento | 3 | 3.2 |
| Flor y fruto | 1 | 1.1 |
| Naturaleza | 1 | 1.1 |
| Vida | 3 | 3.2 |
| Lugar | 7 | 7.4 |
| Fauna | 13 | 13.8 |
| Hábitat | 1 | 1.1 |
| Río | 2 | 2.1 |
| Cantidad | 5 | 5.3 |
| Función | 1 | 1.1 |
| Rana | 1 | 1.1 |
| Especie | 8 | 8.5 |
| Célula | 1 | 1.1 |
| Sapo | 1 | 1.1 |
| Clima | 3 | 3.2 |
| Ecosistema | 2 | 2.1 |
| Familia | 1 | 1.1 |
| Variedad | 4 | 4.3 |
| Riqueza/abundancia | 1 | 1.1 |
| Evolución | 1 | 1.1 |
| Persona | 9 | 9.6 |
| Insectos | 3 | 3.2 |
| Árboles | 3 | 3.2 |
| Total | 94 | 100.0 |

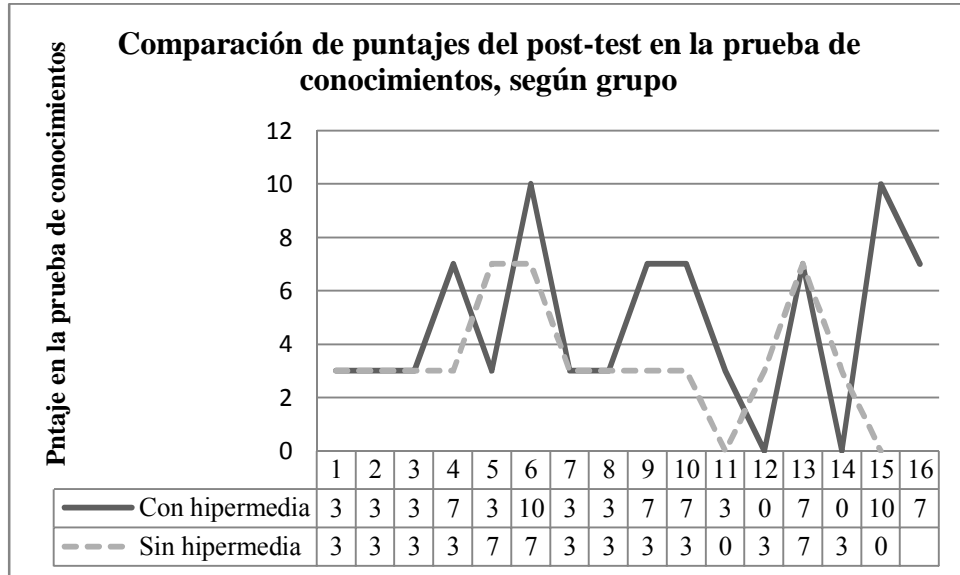
Apéndice Q

Estructura de navegación de Dosel en las Nubes



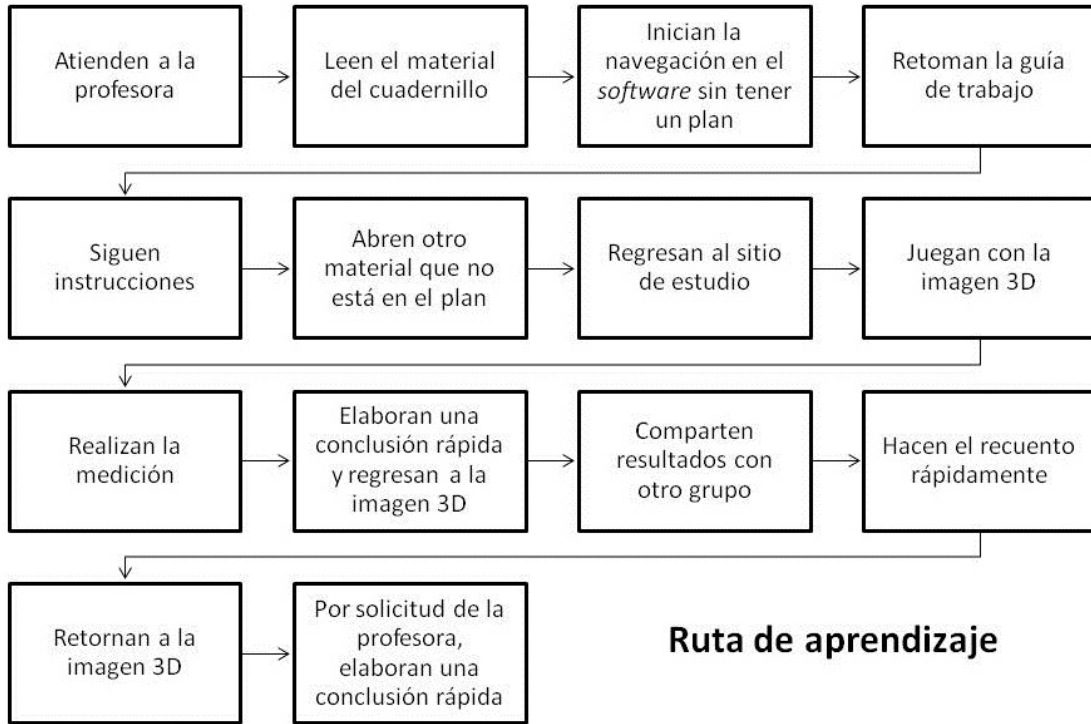
Apéndice R

**Comparación de puntajes del post-test en la prueba de conocimientos,
para cada estudiante de cada grupo.**



Apéndice S

Ruta de aprendizaje seguida por grupo de estudiantes observados.



Currículum Vitae

Ana Virginia Quesada Alvarado

Correo electrónico personal: anaques@gmail.com

Originaria de San José, Costa Rica, Ana Virginia Quesada realizó estudios académicos en Arte y Computación. Es graduada Educación y en Evaluación y Medición de Aprendizajes en la Universidad Nacional Autónoma y la Universidad de Costa Rica, respectivamente. Es doctoranda en Educación y Tecnologías Digitales de la Universidad Abierta de Cataluña. La investigación titulada Aprendizaje mediado por hipermedia educativo y cambio del modelo mental sobre el concepto “biodiversidad”, en jóvenes de noveno año de Educación General Básica es la que presenta en este documento para aspirar al grado de Maestría en Educación con Acentuación en Desarrollo Cognitivo.

Desde 1990 ha trabajado en el ámbito del aprendizaje con tecnologías digitales en el Ministerio de Educación de Costa Rica y ha servido como directora del Programa Nacional de Informática Educativa, del Centro de Aprendizaje en Línea y del Área de Cognición, Creatividad y Medios Digitales de la Fundación Omar Dengo.

Ha participado en iniciativas nacionales de definición de políticas públicas como Estrategia Siglo XXI, Costa Rica Digital y el Acuerdo Social Digital.

Actualmente es asesora pedagógica nacional en el Departamento de Investigación, Innovación e Implementación de la Dirección de Recursos Tecnológicos del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica y es consultora para América Latina en la Sociedad Internacional de Tecnología en Educación (ISTE) de los Estados Unidos.