

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN



ECOSISTEMAS Y PENSAMIENTO COMPLEJO: UNA PROPUESTA DE
INTERVENCIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN
PROCESOS DE MODELIZACIÓN

AUTORES:

ANA MILENA GRAJALES HIGUITA
HERNÁN DAVID GONZÁLEZ MESA

ASESORA

Dra. FANNY ANGULO DELGADO
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EDUCACIÓN EN CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y MATEMÁTICAS – GECEM–



MEDELLÍN

2009

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	3
2. Problema	3
3. Objetivos	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	4
4. Justificación	5
4.1 ¿Por qué Ecosistemas?	5
4.2 ¿Por qué perspectiva sistémica?	5
4.3 ¿Por qué Modelización?	6
5. Antecedentes	9
5.1 Modelización en la Enseñanza de las Ciencias	9
5.2 Pensamiento Científico Sistémico	10
5.3 El museo y las aulas regulares	11
6. Marco Teórico	14
6.1 Modelización	14
6.2 Ciclo de Aprendizaje	18
6.3 Perspectiva Sistémica	21
6.4 Museos y Educación	22
7. Metodología	25
7.1 Tipo de Estudio	25
7.2 Alcance de la Investigación	26
7.3 Descripción de la investigación	27
7.4 Instrumentos de recolección de la información	36
8. Cronograma	38

9. Análisis de Resultados	40
9.1 Equivalencia de las condiciones iniciales de los grupos Experimental y Control	41
9.2 Seguimiento del proceso de modelización del grupo experimental en relación al ciclo de aprendizaje, la perspectiva sistémica y las relaciones complejas	42
9.3 Resultados de la Fase de Exploración	45
9.3.1 Análisis de la Actividad Pre-Test	45
9.3.2 Análisis de la Actividad ¿Me vendes tus gallinazos?	48
9.4 Resultados de la Fase de Estructuración	51
9.5 Resultados de la Fase de Aplicación	57
9.5.1 Análisis de la Actividad Post-Test	57
9.5.2 Criterios para el Análisis de la Actividad ‘Reestructuración del Museo’	61
9.5.1 Análisis de la Actividad ‘Reestructuración del Museo’	62
10. Conclusiones	66
11. Recomendaciones	69
12. Bibliografía	70
11. Anexo	75

1. RESUMEN

El presente trabajo consiste en el diseño de una propuesta de investigación con la cual se pretende evaluar el efecto de una intervención didáctica basada en la propuesta de Rosaria Justi para la enseñanza de las ciencias mediante procesos de modelización.

La investigación se lleva a cabo en un grupo de séptimo grado de La Normal Superior de Medellín por medio de un estudio comparativo que pretende evaluar los efectos de la aplicación de procesos de modelización en la enseñanza y aprendizaje de contenidos relacionados con las ciencias naturales desde una perspectiva sistémica. La propuesta tiene como objetivo principal el evaluar los efectos de la aplicación de la propuesta de R. Justi en el desarrollo de un pensamiento complejo respecto al carácter sistémico de los sistemas biofísicos.

2. PROBLEMA

La problemática a la que responde esta investigación es la necesidad de guías metodológicas concretas para la implementación de distintos modelos y enfoques didácticos y la falta de evidencia empírica sobre los efectos de la implementación de procesos de modelización en la enseñanza de las ciencias. A partir de esto nos planteamos la pregunta de ¿Cuáles son los efectos de la aplicación de una intervención didáctica basada en el modelo de Rosaria Justi en el desarrollo de un pensamiento complejo? Esta intervención se llevará a cabo en el contexto de una unidad didáctica sobre el concepto de ecosistema con la cual se espera que los estudiantes desarrollen una visión más compleja y profunda de las dinámicas implicadas en el funcionamiento de un ecosistema.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar, aplicar y evaluar una intervención didáctica basada en la propuesta de R. Justi para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización, con el fin de evaluar sus efectos en cuanto al desarrollo de un pensamiento teórico científico que responda al carácter sistémico de distintos conceptos relacionados con ecosistemas.

3.2. Objetivos Específicos

- Generar las condiciones de enseñanza-aprendizaje necesarias para la implementación de la propuesta de enseñanza de las ciencias a partir de Modelización desarrollada por R. Justi.
- Evaluar los efectos de la aplicación de estos procesos de modelización en el desarrollo de la capacidad del estudiante para reconocer y plantear relaciones complejas entre los elementos de un ecosistema a diferentes escalas de análisis.
- Reconocer las potencialidades del Museo Universitario Universidad de Antioquia para realizar actividades de enseñanza que apoyen el diseño y aplicación de propuestas de intervención didáctica para la presentación de contenidos relacionados con los ecosistemas.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. ¿Por qué Ecosistemas?

La importancia de realizar este tipo de investigación reside en la necesidad de generar en los estudiantes un nuevo y más profundo entendimiento de las relaciones que existen entre nosotros y los distintos ecosistemas, además de los efectos que nuestras acciones tienen sobre estos sistemas.

En una sociedad que tradicionalmente ha vinculado el concepto de desarrollo y calidad de vida con el crecimiento económico y desarrollo técnico y tecnológico, nuestra habilidad para transformar nuestro entorno debe ir acompañada por un entendimiento de la estrecha relación que existe entre las sociedades y los sistemas naturales (Sánchez, 2002).

Además, los nuevos desarrollos técnicos y tecnológicos traen un amplio espectro de posibilidades para los ciudadanos, pero también trae responsabilidades y compromisos con nuestra calidad de vida y nuestro entorno, es decir, una responsabilidad social del conocimiento.

4.2 ¿Por qué Perspectiva Sistémica?

El acercamiento al concepto de ecosistema desde una perspectiva analítica no cumple con los requerimientos para entender las dinámicas involucradas en un ecosistema en su verdadera magnitud, naturaleza y complejidad dado que presenta una visión de los ecosistemas fragmentada, simplificada y desvinculada del contexto de los estudiantes (Peisajovich, 2005).

4.3. ¿Por qué Modelización?

Algunos años atrás era relativamente fácil o al menos posible predecir qué tipo de información y habilidades eran requeridas por los estudiantes para desenvolverse adecuadamente como ciudadanos y como profesionales. Sin embargo con el devenir de los años los programas educativos presentan dificultades para satisfacer las necesidades e intereses de los estudiantes (Hodson, 1992-2003).

Hodson propone entonces que el estudiante necesita desarrollar cualidades y habilidades tales como destrezas en comunicación, capacidades de adaptación, compromiso con el aprendizaje continuo, y conocimientos sobre ciencia y técnicas. La educación en ciencias es la llamada a formar estudiantes capaces de afrontar el devenir de las tecnologías, las técnicas y la ciencia en general.

El modelo educativo debe permitir en los estudiantes una comprensión flexible y crítica del conocimiento científico. Esta comprensión sobre la ciencia propone Hodson (1992-2003) debe desarrollarse en cuatro aspectos, cuatro objetivos que debe perseguir la enseñanza de las ciencias del nuevo milenio:

- Aprender ciencia y tecnología (comprender profunda y críticamente los componentes teóricos y conceptuales)
- Aprender sobre ciencia y tecnología (naturaleza, métodos y relaciones CTS)
- Hacer ciencia y tecnología, (implicarse en investigación y resolución de problemas)
- Implicarse en acciones sociopolíticas (compromiso social del aprendizaje)

Los programas escolares actuales fracasan en favorecer el cumplimiento de estos objetivos. Esto se debe a diversos factores relacionados tanto con los programas en sí como con la imagen que se proyecta de la ciencia e incluso con factores sociales. Algunos de estos problemas son la desvalorización del conocimiento científico. La existencia de intereses más inmediatos, la presentación de la ciencia como un campo de gran dificultad y demanda cognitiva y la visión de esta como un factor ajeno a la realidad. Sea cual fuere el caso, una visión global del problema nos indica que en términos generales la problemática se genera debido a una amplia brecha entre lo que los estudiantes y en general la comunidad educativa entienden por ciencia y la verdadera naturaleza de la construcción de conocimiento científico. Entra en escena entonces la importancia de los procesos de modelización en la enseñanza de las ciencias, importancia que se describe en las siguientes líneas.

Los procesos de modelización son en la actividad científica una de las actividades de mayor importancia en la construcción de conocimiento, siendo considerados no solo como una etapa auxiliar al proceso, un subproducto de la actividad científica o un medio para llegar a un fin, sino como un fin mismo dentro de la actividad científica según afirma Ronald Gieré (2000; citado en Justi 2006: pag 176) cuando dice *“La ciencia es un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de predicción”*.

La elaboración de un modelo requiere de procesos cognitivos que demandan y a la vez facilitan el desarrollo de una comprensión profunda del fenómeno modelado y es por esto que creemos que puede ser un elemento de gran utilidad en las aulas en busca de un aprendizaje profundo, flexible, sistemático y crítico de las ciencias. Es un hecho que a nivel teórico los planteamientos desde la perspectiva del cambio conceptual tanto en su versión original como en sus subsiguientes revisiones han sido de gran importancia para la investigación en didáctica de las

ciencias, sin embargo estos planteamientos necesitan del acompañamiento de algunos elementos metodológicos que ayuden a los docentes a centrar y estructurar sus intervenciones en el aula. Creemos que por sus características metodológicas, su naturaleza y el papel que desempeña en la propia construcción del conocimiento científico, los procesos de modelización tienen el potencial de ser este elemento metodológico que complementa los planteamientos del cambio conceptual en busca de una trascendencia a las aulas que hasta ahora le ha sido esquiva.

5. ANTECEDENTES

5.1. Modelización en la Enseñanza de las Ciencias.

La utilización de procesos de modelización en la enseñanza de las ciencias es una propuesta relativamente reciente que responde a la necesidad de apoyar la enseñanza de las ciencias sobre un referente metodológico claro. Es una perspectiva que a principios de esta década toma fuerza con estudios sobre temas relacionados que sirvieron como sus precursores tales como modelos científicos en la enseñanza, simulación, analogías y razonamiento por medio de modelos por parte de autores como Treagust (2002), Kofman (2000), Fernández, González y Moreno (2003) y Moreira y Greca (1998-2003) respectivamente.

Sus cimientos residen en los desarrollos realizados desde la psicología cognitiva principalmente por Philip Johnson-Laird (2001) en los cuales se logró una amplia conceptualización sobre la naturaleza del razonamiento humano, el cual, plantea Johnson-Laird, se lleva a cabo por medio de modelos mentales. A partir de las observaciones sobre el tema de los modelos mentales por parte de algunos teóricos relacionados con el ámbito de la didáctica, tales como Moreira y Greca (1998), los modelos mentales comenzaron a trascender hacia el dominio didáctico, ampliando en gran manera su campo de estudio.

Recién hacia mediados de esta década la modelización en la enseñanza de las ciencias toma una forma clara gracias a los planteamientos de Rosaria Justi y Jhon Gilbert, planteamientos que se cristalizan en el 2006 con la elaboración de un modelo para la utilización de modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias, elaborado por Justi y Gilbert con base en planteamientos de Izquierdo y Aduriz-Bravo (Izquierdo y Aduriz-Bravo, 2003 en: Justi, 2006) y de Clement en 1989 (en Justi, 2006).

Numerosos estudios se han llevado a cabo en este campo de investigación y de igual modo se ha conceptualizado sobre este ampliamente y con distintos grados de especificidad. Desde España, en las universidades de Barcelona y Madrid podemos encontrar un amplio espectro de trabajos sobre modelos mentales y modelización realizados por autores como Núria Solsona Pairió (cambios químicos), Aureli Caamaño (el concepto de ión), Roser Pintó (modelos sobre energía), María Pilar Jiménez (evolución) y Pedro Cañal (astronomía).

Dentro de nuestra facultad algunos estudiantes tanto de pregrado como de postgrado han inclinado sus trabajos hacia el campo de la modelización en diferentes niveles. Tal es el caso de Yesenia Rojas (2007) con su trabajo “Dificultades en la Modelización didáctica del Modelo Biológico de Flor”, en el cual hace énfasis en el campo de formación de maestros. Alejandro Palacio y Ana Lucía Correa (2008) han indagado la posibilidad de implementar procesos de modelización en las aulas y las dificultades y ventajas que presenta, en dicha ocasión contando con un software llamado *Inspiration* como medio de representación.

5.2. Pensamiento Científico Sistémico.

Háblese de pensamiento sistémico, complejo o científico la premisa es, sino igual, muy similar y sus intereses apuntan a solventar una misma problemática. El problema con el conocimiento escolar es la extrema simplificación de los fenómenos enseñados, la cual lleva a la presentación de una realidad fragmentada, empobrecida y desvinculada de la realidad y el contexto del estudiante.

En respuesta a la problemática generada por las perspectivas analíticas y simplificadas del conocimiento escolar surge la alternativa de la perspectiva sistémica, con la cual se pretende implementar un conocimiento escolar complejo, más cercano al conocimiento científico y que responda de manera más eficiente al contexto, las necesidades e intereses de los estudiantes.

En el área las ciencias naturales y propiamente respecto al concepto de ecosistemas es Bárbara Peisajovich quien propone el principal precedente de este trabajo tanto en el ámbito teórico como práctico. Peisajovich conceptualiza sobre algunas cuestiones referentes a la implementación de un enfoque sistémico en la enseñanza de las ciencias en educación básica y formula una propuesta para trabajar dicho enfoque en estudiantes de 5° y 6° grado (Peisajovich, 2005).

En nuestra Facultad existen igualmente trabajos que proponen la implementación de un pensamiento sistémico en la enseñanza de las ciencias. Tal es el caso del trabajo monográfico realizado por Vallejo y González (2008) con el cual abordan la noción de sistema digestivo en contraposición con la noción de aparato digestivo y trata de lograr una visión integral de este en relación con los demás sistemas.

5.3. El museo y las Aulas Regulares

Tradicionalmente el museo como institución desempeñaba un papel como reservorio de cultura. En este se depositaban los grandes logros de la humanidad en distintos campos como las ciencias, las artes, la ingeniería, etc. Sin embargo recientemente en Europa y Norteamérica la institución museística se viene pensando como un posible eje promotor de procesos sociales y culturales, tendencia que gradualmente se ha extendido hasta tocar las aulas regulares.

La función social de los museos requiere el pensarlos igualmente desde una perspectiva pedagógica, hecho que ha generado el surgimiento de toda una nueva corriente de investigación que se ocupa de conceptualizar acerca de la educación en los museos. Además de esto también en la mayoría de los museos surge también la necesidad de destinar un departamento en particular que se ocupe de los aspectos educativos de dicha institución y sus montajes y exhibiciones.

En nuestra facultad se han desarrollado varias investigaciones relacionadas con el tema de los museos y su relación con la educación formal, la mayoría de estas dentro del marco de la línea de investigación Museo – Escuela del Grupo GECM¹. Tal es el caso de Elkin Antonio Alfonso y Jesús Elías Pérez (2009) quienes desarrollaron una propuesta de enseñanza del sistema respiratorio durante la cual hacen uso del Museo de Morfología de la Universidad de Antioquia para crear conciencia en los estudiantes sobre los efectos del uso del tabaco en los diferentes sistemas del organismo humano.

Roger Muñoz et al (2009) también dentro de esta línea de investigación llevó a cabo una propuesta de enseñanza durante la cual hizo uso del Museo Universitario Universidad de Antioquia (MUUA) para enseñar el concepto de evolución.

Sin embargo la mayoría de investigaciones y trabajos apuntan a desarrollar un vínculo entre la escuela y el museo de modo que el segundo sea una extensión de la primera, desarrollando métodos e instrumentos para potenciar y medir los aprendizajes que las personas en general llevan a cabo en la institución museográfica propiamente dicha.

¹ Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas, Facultad de educación de la Universidad de Antioquia

En nuestro trabajo el museo cobra una importancia distinta. Dentro de los procesos de modelización es condición indispensable que los estudiantes puedan tener contacto directo con el objeto o fenómeno que van a modelar, sin embargo también es conveniente que el encuentro con dichos objetos y fenómenos se lleve a cabo en un ambiente controlado y por medio de actividades dirigidas e intencionadas, diseñadas por el maestro para optimizar el acceso a la información que los estudiantes necesitan para construir sus representaciones.

El museo se constituiría como ese espacio de encuentro con el fenómeno y con la entidad real que le permitirá al estudiante dar una mirada más cercana a lo que hasta el momento sólo aparecía en libros y experimentos mentales y hacerlo de un modo controlado, más no empobrecido pues las experiencias si bien describen casos particulares y tal vez paradigmáticos, siguen en el dominio de lo real, de lo tangible y lo observable.

6. MARCO TEÓRICO

Nuestra propuesta de investigación está atravesada por lo que podríamos llamar tres ejes teórico-metodológico-conceptuales que son: la modelización, el ciclo del aprendizaje y la perspectiva sistémica. El museo de ciencias juega un papel de apoyo a las actividades de enseñanza, por cuanto es importante que los estudiantes tengan contacto con los objetos reales que dotan de sentido y significado a los fenómenos que se están modelizando. Es importante sin embargo que dichos elemento elementos se articulen íntimamente entre sí, trascendiendo su rol de insumos para la justificación teórica y logrando una sinergia que les permita constituirse en una sola unidad teórica, epistemológica, filosófica y metodológica.

Los ejes antes mencionados tienen por tanto la facultad de trascender del ámbito teórico al metodológico e incluso al conceptual de modo que cada uno estará afectando y fundamentando el desarrollo de los demás dentro de este marco teórico, y más importante aún, dentro del desarrollo de la intervención en el aula.

6.1. Modelización

La propuesta de Rosaria Justi (2006) para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización estará fundamentando (en conjunto con los planteamientos sobre el ciclo del aprendizaje de Jorba y Sanmartí en 1998) la dimensión operativa de nuestro ¿“cómo”? En un intento por extrapolar parte de la esencia de la construcción del conocimiento científico a los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de las aulas regulares, Justi propone un modelo a manera de guía metodológica con el cual implementar los procesos de modelización que se llevan a cabo en la actividad científica para la construcción de un conocimiento escolar más cercano a los cánones de científicidad y que

responda además a las necesidades e intereses de los estudiantes dentro de la sociedad actual.

Partiendo de algunos planteamientos sobre los procesos de modelización en la ciencia realizados por Clement en 1989 (Clement, 1998 en: Justi, 2006), Justi en compañía de Gilbert lograron extraer algunos aspectos generales mediante los cuales los científicos razonan y elaboran sus modelos explicativos y a partir de esto lograron desarrollar el siguiente modelo para proyectar estos procesos a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

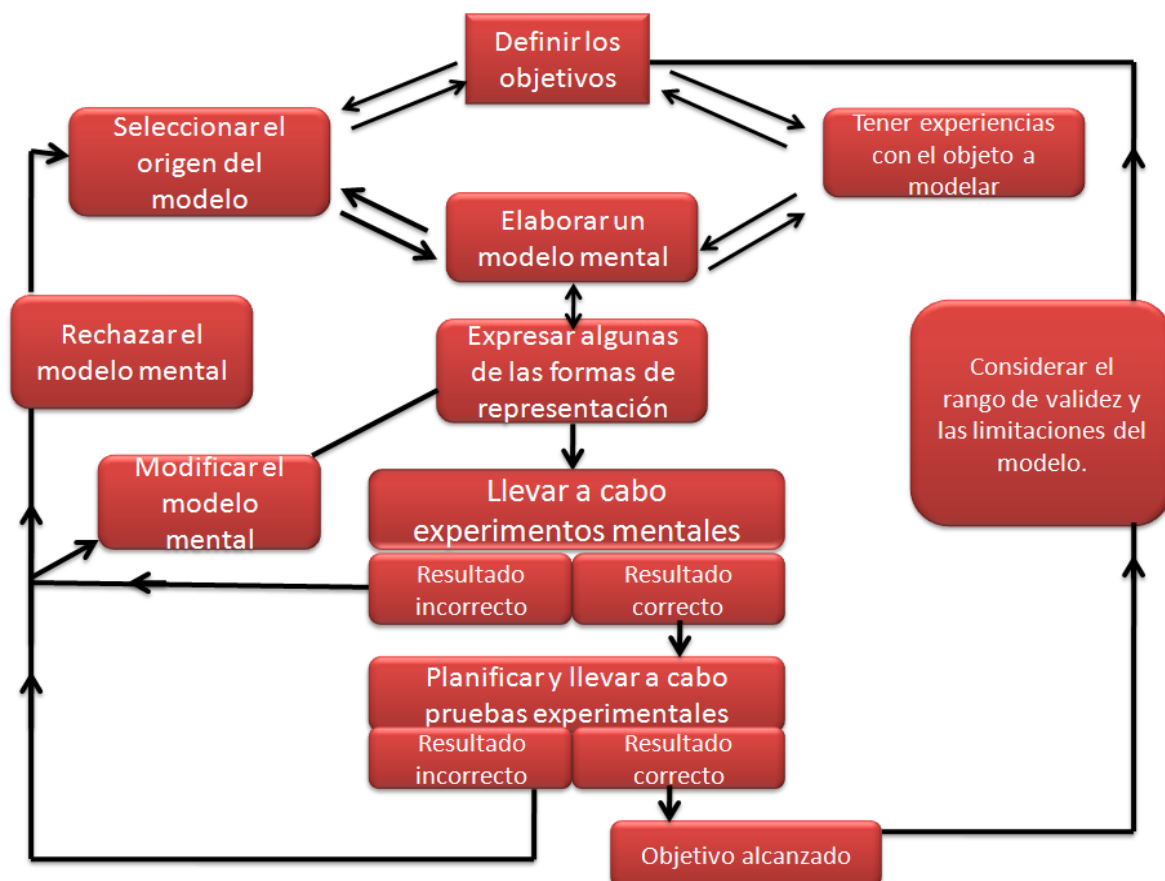


Figura N°1: Modelo para el proceso de construcción de modelos (Justi y Gilbert, 2002; citado en Justi, 2006:177)

Con base en este modelo, en 2006 Justi realizó una propuesta para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización, en la cual plantea una guía metodológica para implementar este modelo en la práctica docente, estableciendo las condiciones necesarias para ello. Las siguientes son algunas de las condiciones necesarias para la implementación de la propuesta de Justi.

- Los estudiantes deben tener una visión general sobre la naturaleza y el uso de los modelos.
- Deben implicarse en actividades de construcción de modelos.
- Deben aprender acerca de cómo y por qué algunos modelos científicos han sido elaborados.
- Realizar una discusión inicial en la que se den elementos requeridos posteriormente para la elaboración del modelo.
- También es importante que los estudiantes tengan una experiencia previa con el objeto a modelar, sean estas preexistentes o adquiridas en el momento mediante una introducción.
- Es necesario que el profesor conozca el nivel de conocimientos de los estudiantes, para saber si son una base sobre la cual comenzar la construcción del modelo, prever problemas de comprensión y hacer preguntas que generen un ambiente crítico entre los estudiantes.
- A nivel motivacional es importante que la elaboración del modelo tenga un sentido práctico para los estudiantes.
- Si la elaboración del modelo es sobre alguna entidad abstracta es recomendable que se realicen actividades experimentales relacionadas con el fin de que los datos obtenidos durante las pruebas servirán como fuente de información para caracterizar dicho fenómeno.

- Debe tener lugar la búsqueda de posibles situaciones análogas y debe hacerse explícita la limitación o limitaciones de una analogía con respecto al objeto.
- Los estudiantes deben contar con diversos medios para representar sus modelos.

El proceso de modelización plantea que la estructura cognitiva del estudiante debe llevar a cabo un proceso de interacción con tres elementos que son el objeto a modelar, los objetivos de la modelización y los medios de expresión del modelo. Los modelos elaborados individualmente deben ser comunicados entre los estudiantes para elaborar un modelo consensuado y al final de esta construcción consensuada cada grupo revela su elaboración al resto de sus compañeros.

Como profesores durante la aplicación de esta unidad nuestra función debe ser:

- Favorecer la discusión sobre los códigos de representación.
- Favorecer la negociación de ideas entre los estudiantes.
- Favorecer situaciones en las que los estudiantes prueben sus modelos.

Todos estos elementos sin embargo, como lo mencionábamos anteriormente deben responder a una transversalidad con el resto de los planteamientos metodológicos. A continuación exponemos otro dominio de ideas referenciado para la realización de esta investigación en el cual se habla del ciclo del aprendizaje, propuesto por Jorba y Sanmartí (1996). Más tarde estas ideas y las anteriores serán retomadas para exponer la manera en que entendemos su cohesión.

6.2. Ciclo de Aprendizaje

Dada la diversidad de actividades a las cuales se puede recurrir a la hora de planificar y aplicar una Unidad didáctica, surge la necesidad de realizar un análisis de estas en busca de lograr una categorización de ellas que nos ayude a determinar en qué momento del proceso de qué modo pueden ser aplicadas.

En términos generales esto fue lo que hicieron Jorba y Sanmartí en el año de 1996 y a partir de esto lograron cristalizar un esquema que a manera de guía metodológica ha ayudado desde entonces a los maestros a plantear diversas actividades de intervención en el aula. Esta guía la conocemos mejor con el nombre de Ciclo del aprendizaje o Ciclo Didáctico. En la obra de los autores mencionados se puede acceder a una descripción más detallada de las particularidades de su propuesta, además de sus fundamentos teóricos y epistemológicos.

En dicho ciclo se plantea un plan de acción de cuatro etapas; una etapa de exploración, una etapa de introducción de nuevos conocimientos, una etapa de estructuración y síntesis de estos conocimientos y una etapa aplicación y evaluación de los conocimientos adquiridos. En la figura N°2 ofrecemos un esquema que describe en el contexto de nuestra propuesta de investigación el funcionamiento de dicho ciclo de aprendizaje.

Tal como se observa en la representación, cada ciclo didáctico gira en torno a una pregunta central que estará atravesando cada etapa del ciclo. Pero al concluir en ciclo con las actividades de aplicación deben surgir nuevas preguntas sobre conceptos adyacentes o relacionados con la pregunta inicial de tal modo que el proceso educativo tenga continuidad a lo largo del plan de área. Por medio de estas nuevas preguntas, las cuales van a generar nuevos ciclos didácticos el estudiante podrá ampliar su espectro de dominio conceptual estableciendo

relaciones entre conceptos de una misma disciplina y a una mayor escala estableciendo una interdisciplinariedad entre los diferentes dominios del conocimiento científico.

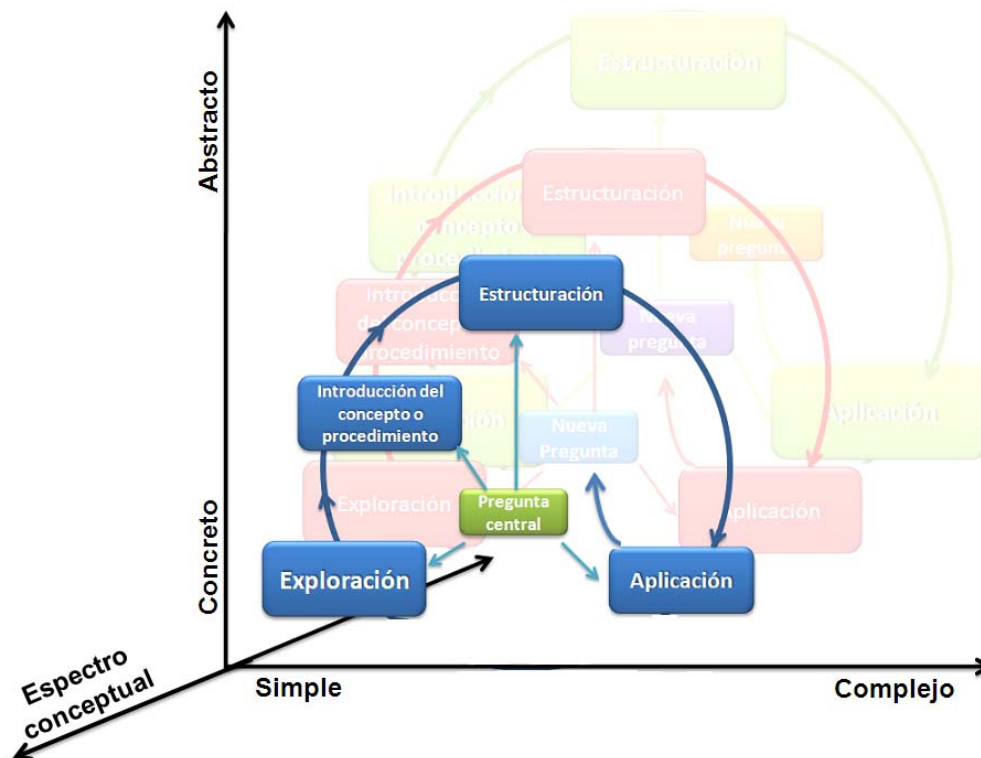


Figura Nº 2: Adaptación del Ciclo de Aprendizaje de Jorba y Sanmartí, (6) por González y Grajales (2009)

Del análisis de este modelo en función de la propuesta de R. Justí se desprende el siguiente esquema que describe una posible secuenciación de actividades del ciclo didáctico durante la implementación de procesos de modelización para la enseñanza de las ciencias. Es una guía metodológica con la cual el maestro puede lograr una mejor articulación de ambos marcos metodológicos en la práctica

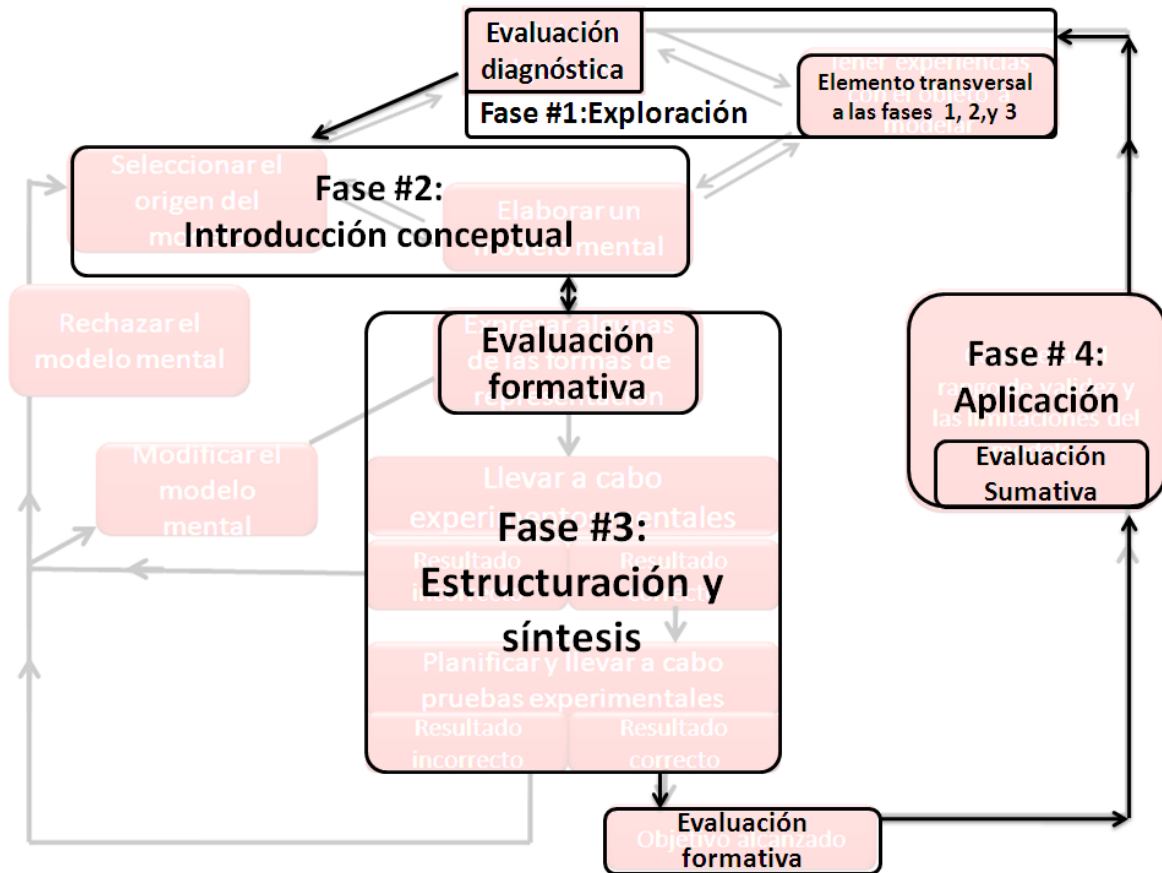


Figura N°3: Modelo para la implementación de procesos de modelización durante el ciclo didáctico por González y Grajales, (2009)

Recordando el modelo desarrollado por Justi y Gilbert (figura 1) tenemos que la determinación de los objetivos del proceso de modelización se llevará a cabo durante la fase de exploración por medio de una evaluación diagnóstica. La fase de exploración también será el momento en el cual se comience a tener experiencias con el objeto a modelar, fase que se presentará transversalmente durante las primeras tres fases del ciclo didáctico.

Luego en la fase de introducción los estudiantes y el maestro seleccionarán el origen del modelo y tendrán la oportunidad de elaborar un primer modelo mental.

La fase de estructuración será de crucial importancia. Los estudiantes podrán hacer un primer acercamiento a las formas de representación mediante una primera evaluación formativa por medio de un ejercicio de modelización preliminar. Este primer modelo deberá ser sometido a prueba en las actividades de estructuración por medio de experimentos mentales y actividades experimentales enfocadas a determinar las fortalezas y debilidades de la representación elaborada por los estudiantes.

Al final de esta fase y después de las actividades de estructuración el estudiante deberá estar en capacidad para determinar si su modelo cumple los objetivos planteados en la fase de exploración y estará listo para someterlo a prueba durante la fase de aplicación donde se considerará el rango de validez y las limitaciones del modelo elaborado a través de un ejercicio de evaluación sumativa.

6.3. Perspectiva Sistémica

Dentro de los planes escolares el concepto de ecosistema, al igual que muchos otros contenidos en ciencias naturales son tratados desde una perspectiva analítica, esto es, entendiendo cada parte del objeto por separado para formar un panorama general luego. Peor aún, los ecosistemas son presentados como entidades fragmentadas y lineales (recordemos el viejo esquema de la cadena alimenticia), simplificadas y ajenas a la realidad de los estudiantes. Esta perspectiva se muestra inadecuada para lograr un entendimiento de las dinámicas involucradas en un ecosistema en su verdadera magnitud, naturaleza y complejidad (Peisajovich, 2005).

Peisajovich propone que el estudio de los ecosistemas se realice teniendo en cuenta su verdadera naturaleza sistémica y la complejidad de las relaciones que

se extienden entre sus elementos. De acuerdo a esto Peisajovich plantea ciertas características generales de los sistemas en general y propone que estas sean la base para el entendimiento de la naturaleza sistémica de los ecosistemas.

La perspectiva sistémica dentro de esta propuesta es un elemento que se mueve entre lo metodológico, (el ¿cómo?) y lo disciplinar, (el ¿qué?), puesto que está determinando tanto los contenidos que se presentan en el aula como la manera en que estos deben ser presentados. De ahí la necesidad de elaborar esta propuesta de intervención basada en los dos marcos teórico-metodológicos anteriormente revisados.

6.4. Museos y Educación

El museo como institución de educación no formal tiene el potencial de ofrecer a las aulas regulares un espacio de contacto con objetos reales en diversos campos del saber. Sin embargo, para lograr un aprovechamiento del museo es necesario identificar qué posibilidades ofrece la institución museográfica a la institución educativa desde su filosofía, su concepción del conocimiento y del aprendizaje y desde su dotación misma y la disposición de sus colecciones.

A partir de las reflexiones sobre las teorías del conocimiento y del aprendizaje George Hein logra desarrollar un modelo mediante el cual se puede categorizar la institución museográfica en cuatro categorías principales que nos dan una idea de las posibilidades que ofrece la institución para la enseñanza de contenidos pertenecientes a un área del saber determinada. Dicho modelo se describe a continuación.

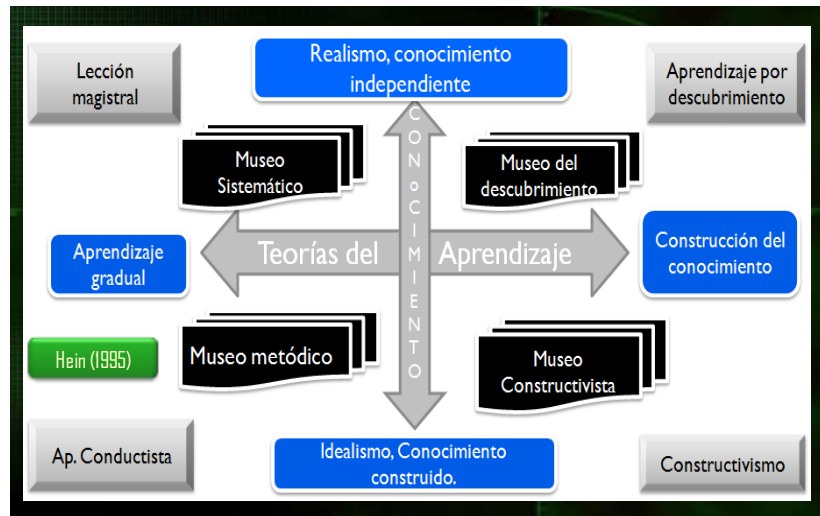


Figura N°4: Modelo de George Hein para la categorización de museos.

Analizando la sala de ciencias naturales del MUUA de acuerdo con el modelo de G. Hein para la categorización de museos según su perspectiva del conocimiento y el aprendizaje se puede notar que los contenidos y la manera como estos son presentados tiene una estructura clara que pretende ir desde los organismos que han aparecido primero en la escala evolutiva hasta los organismos que han aparecido más recientemente

De este modo, la visita comienza por un mural en el cual se encuentran algunas criaturas prehistóricas, particularmente de principios del periodo cenozoico. Esto sin embargo se constituye como un primer sesgo a la intención de presentar los contenidos en una escala evolutiva pues las criaturas que aparecieron durante el periodo cenozoico ostentaba formas muy similares a las actuales, siendo en su mayoría mamíferos y aves.

Luego, y respondiendo más a un problema de organización del espacio, la exposición continúa con unas burbujas en las cuales se presentan algunas de las ranas más representativas de las distintas zonas geográficas de nuestro país.

Seguidamente pasamos a ver la vitrina de los invertebrados en la cual se exhiben algunos insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos. La exposición continuó con las vitrinas de anfibios, reptiles, aves y por último mamíferos. Luego vinieron algunas exposiciones en las que se podían ver distintos tipos de animales en un mismo escenario.

La organización de los contenidos daba a entender que estos guardaban un orden intrínseco en el cual son más fácilmente asimilables, y en el cual si bien existe la intención de presentar una base evolutiva para su organización, termina por rendirse ante la lógica de “ir de lo simple a lo complejo”.

El hecho de presentar el conocimiento en un orden predeterminado e intencionalmente estructurado acompañado por un discurso igualmente estructurado ubica esta sala en la categoría de *museo sistemático*. Responde a una postura epistemológica realista y una concepción de aprendizaje gradual y acumulativo. A continuación se describe dicha categorización en la tabla N°1.

Características Museo Sistemático	Sala de Ciencias Naturales
Exhibiciones secuenciales, principio y fin definido con un orden intencionado.	Los contenidos y la manera como estos son presentados tiene una estructura lineal que corresponde a la una noción progresista del concepto de evolución, partiendo de organismos como las bacterias y algas, siguiendo a los invertebrados y así sucesivamente hasta los mamíferos.
Organización jerárquica del tema de lo simple a lo complejo.	La organización de los montajes y la secuenciación de las guías durante las visitas daban a entender que estos guardaban un orden intrínseco o hilo conductor que facilita el entendimiento de los montajes y la idea global que estos estructuran, intentando avanzar desde lo “simple” hasta lo “complejo”.
Componentes didácticos que describen lo que se debe aprender de las exposiciones.	Cada montaje tenía una temática claramente delimitada por su rótulo, temática que ser aislaba de los demás montajes por medio de la guía institucional.
Programas educativos con objetivos de aprendizaje específicos.	La sala en su estructuración e intencionalidad no facilita la enseñanza de otros temas relacionados como la biología como podría ser ecosistemas,

Tabla N° 1: Categorización de la Sala de Ciencias Naturales del MUUA según el Modelo de Clasificación de George Hein.

7. METODOLOGÍA

7.1. Tipo de Estudio

Pensamos que la mejor manera de llevar a cabo este estudio es mediante un enfoque cualitativo. El enfoque cualitativo nos permite contar con una mayor riqueza interpretativa y un amplio espectro de situaciones de las cuales se pueda obtener información, además de situar los datos y los resultados en un contexto determinado. (Hernández, Fernández y Baptista, 2008: p 18)

Esta investigación comenzó en agosto de 2008, en el marco de la línea de investigación Relación Museo – Escuela, del grupo GECM y se planea finalizarla en diciembre de 2009. Se trata de comparar dos grupos de séptimo grado en la Institución Educativa Normal Superior de Medellín, uno de los cuales hará las veces de grupo control mientras que el otro será el grupo al cual se aplicará una unidad didáctica diseñada bajo las condiciones especificadas en la propuesta de Rosaria Justi. Esta fase de recolección de la información se llevará a cabo durante los meses de abril a junio de 2009.

De acuerdo con Hernández et al. (2008), nuestro estudio es *cuasiexperimental*. Se caracteriza porque si bien manipulan una variable independiente (la unidad didáctica que se aplicará) para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes (el desarrollo del pensamiento complejo en los estudiantes), tal como se hace en un experimento “verdadero”, difiere con este en el grado de seguridad y confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.

Esto se debe a que en una investigación cuasiexperimental los sujetos no son asignados aleatoriamente a cada grupo ni son emparejados, sino que estos

grupos ya estaban formados antes de diseñar y ejecutar el experimento, es decir, son grupos naturales e intactos pues la manera en que se generaron es independiente del diseño experimental. En efecto, este es el caso de los dos grupos de séptimo grado de la I.E. Debido a las características de los grupos estudiados el investigador debe tratar de establecer la semejanza entre estos.

Para establecer esta semejanza se realizó un trabajo de nivelación y diagnóstico con los estudiantes de ambos grupos por un periodo de dos meses durante los cuales se aplicaron dos unidades didácticas previas al tratamiento sobre histología animal y sistema digestivo (Ver numeral 9.1 donde se analizan las similitudes de los dos grupos en su punto de partida). De este modo se pudo evidenciar que los estudiantes de ambos grupos poseen características equivalentes en cuanto al aspecto académico y actitudinal.

7.2. Alcance de la Investigación

De acuerdo con los planteamientos de Hernández Sampieri et al. (2008), esta investigación tiene un alcance correlacional porque esperamos encontrar posibles relaciones entre la realización de procesos de modelización en el aula y el desarrollo de conceptos, procedimientos y actitudes de los estudiantes, relacionados con el desarrollo de un pensamiento complejo. En una investigación correlacional no se busca establecer relaciones propiamente de causa y efecto sino sugerir la existencia de una posible relación entre dos o más variables, en este caso el diseño de la unidad didáctica sobre ecosistemas y el pensamiento complejo de los estudiantes.

7.3. Descripción de la Investigación.

Como ya se había mencionado, la investigación tiene lugar en la Institución Educativa Normal Superior de Medellín. Esta institución se encuentra ubicada en una zona urbana, específicamente en el Barrio Villa Hermosa cerca del centro de la ciudad, sin embargo no se encuentra expuesta a contaminación auditiva, polvo o gases por los medios de transporte y empresas, puesto que está rodeada por una amplia zona verde, la cual permite la interacción de los estudiantes con la naturaleza; la gran mayoría de las familias que habitan en este sector se encuentran en los estratos 1, 2 y 3 pertenecientes a un nivel económico medio-bajo. Los estudiantes de la Institución Educativa en su mayoría son del sector aunque se presentan casos en los que los estudiantes viven en sectores alejados tales como el occidente de la ciudad.

Aunque tiene una densidad poblacional muy alta, la Institución cuenta con una estructura considerable para albergar sus 1000 estudiantes aproximadamente; puesto que dispone de numerosas aulas, laboratorios de biología, física y química, cuenta también con tres salas de sistemas que tienen acceso a internet para actividades interactivas y de informática en las aulas; tiene una sala para proyectar videos y un aula múltiple, llamada CEPA, para aplicar allí diferentes funciones (ya sea de presentación de diapositivas, videos, entre otros); la Institución Educativa además cuenta con dos patios y un coliseo cubierto para la realización de eventos, actos cívicos, culturales, deportivos, académicos y de todo tipo.

En cuanto a los recursos didácticos, dispone de internet inalámbrico en toda la Institución, 36 portátiles con la posibilidad de acceso a las aulas, 4 video beam y servicio de fotocopidora para ayudar a optimizar, no solo las clases de ciencias naturales, sino también los otros cursos y actividades de la Institución.

Específicamente los grupos con los cuales se pretende realizar la investigación tienen ciertas características específicas, tales como:

- Son dos grupos del grado séptimo.
- El grupo experimental tiene 45 estudiantes que fluctúan entre 11 y 14 años de edad, tiene una proporción de 1.5 - 1 en cuanto al género, predominando las mujeres.
- El grupo control tiene 44 estudiantes que oscilan entre las edades de 11 y 14 años; en cuanto al género, tiene una proporción de 1-1.
- La aplicación de actividades previas y el desarrollo de al menos dos unidades didácticas (una sobre tejidos y otra sobre sistema digestivo) en el área de ciencias naturales, muestra que los estudiantes de ambos grupos manejan unos conocimientos básicos que se centran en las generalidades de la ecología y de algunos elementos de citología general. En ambos grupos el desarrollo del pensamiento complejo de tendencia sistémica (es decir, comprender los fenómenos en relación con otros), es similar.

A modo de variable independiente tenemos una intervención didáctica que se concreta en una unidad sobre ecosistemas, constituida por cuatro etapas: actividades de exploración de conocimientos, actividades de introducción de conocimientos y actividades de aplicación, en el aula de clase y otros espacios de la I.E., y de estructuración y síntesis en la Sala de Ciencias Naturales del Museo Universitario Universidad de Antioquia (MUUA); esta propuesta de intervención didáctica se realiza siguiendo a Jorba y Sanmartí (1996) sobre el ciclo de aprendizaje y a R. Justi sobre los procesos de modelización.

DISEÑO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

A continuación se presenta una breve descripción de dicha unidad didáctica, la cual se amplía en el Anexo. Hay que aclarar que al grupo control se le aplicará una intervención didáctica sobre los ecosistemas en situaciones habituales de enseñanza con el objetivo de contrastar los resultados de esta intervención con el tratamiento experimental.

UNIDAD DIDÁCTICA

- NOMRE: “Ecosistemas en su dimensión sistémica como una función de relaciones complejas”
- TEMA: Ecosistemas
- ÁREA: Ciencias Naturales
- NIVEL : Básica Secundaria.
- GRADO: Séptimo
- SESIONES DE CLASE: 10

Objetivo General

Favorecer el desarrollo de un pensamiento científico que responda al carácter sistémico complejo de los sistemas naturales respecto de los procesos de flujo de energía y la calidad de los ecosistemas.

Objetivos específicos

- Posibilitar en el estudiante el reconocimiento de relaciones complejas entre los factores constituyentes de un sistema natural.

- Acercar los medios de representación usados por los estudiantes sobre los sistemas naturales al nivel de complejidad propio de estos sistemas.

A continuación se presenta la secuencia de actividades que se aplicarán durante la intervención.

Actividades de exploración

- Lectura

Lectura de la narración “¿Me vendes tus gallinazos?”

- Cuestionario de preguntas abiertas

Luego de la lectura de la narración “¿Me Vendes tus gallinazos?”, los estudiantes responderán algunas preguntas abiertas sobre la importancia de los distintos organismos dentro de los ecosistemas.

- Dispositivo pre-test

Se entregará a cada estudiante una hoja en la cual aparece un dibujo de un ecosistema determinado y se les pedirá que elijan un elemento del ecosistema y que encuentren relaciones de este elemento con los demás elementos de su entorno. A cada relación directa que el estudiante establezca se le dará una valoración de 1, mientras que a cada relación indirecta se le dará una valoración de 1.5.

Actividades de introducción

- Presentación PPT: Ecosistemas, biodiversidad y bio-indicadores.
- Videos: “BIODIVERSIDAD” y “La importancia de la Biodiversidad”
- Planteamiento proceso de modelización. Introducción a los modelos en las ciencias; ¿Qué es un modelo?, ¿Para qué sirve?, ¿Cómo se hace?

Actividades de estructuración y síntesis

- Salida de campo y charla sobre los ecosistemas.
- Visita a la Sala de Ciencias Naturales del MUUA

Descripción colección de ciencias naturales

La Colección de Ciencias Naturales cuenta con 23.888 piezas entre animales embalsamados, esqueletos, pieles de estudio, minerales, fósiles e ilustraciones científicas, con las cuales se pretende aportar a la concientización sobre la importancia de la preservación y conservación ambiental, así como la divulgación de nuestros recursos ambientales, especialmente de la fauna.

El principal público para la Sala de Ciencias del MUUA son los grupos escolares desde preescolar hasta cursos universitarios, el público escolar correspondiente a la básica primaria, básica secundaria y media, casi siempre está acompañado por un guía que se encarga de comunicar a los visitantes los objetivos y contenidos de la guía por los montajes; las visitas tienen un tiempo aproximado de 2 horas en cada sala y se cuenta con la posibilidad de participar en los talleres que ofrece la entidad, aumentando el tiempo de la visita.

Para poder realizar un análisis de las posibilidades que ofrecía el MUUA a nuestra temática y poder realizar adaptaciones en la secuenciación y contenidos de la visita según las necesidades de nuestra temática en particular se realizó un ejercicio de acompañamiento durante la visita de un grupo de escolares.

A continuación se presenta un resumen de la dinámica de visita de este grupo escolar compuesto por estudiantes de segundo y tercer grado de la Institución Educativa Colegio Universidad Nacional, que es una institución oficial, más no pública, pues sólo está abierta a los familiares de los empleados de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. La visita se realizó el 25 de febrero de 2009.

- Número de estudiantes: 25
- Docentes acompañantes: 3 (2 de ciencias naturales y uno de básica primaria).
- Tiempo de la visita: 1:50 horas
- Sala visitada: Ciencias Naturales Francisco A. Uribe Mejía.

Más o menos con una semana de anticipación uno de los docentes se dirigió al museo y solicitó el servicio de un guía para realizar una visita escolar a la sala de Ciencias Naturales especificando el número de estudiantes y la disponibilidad horaria; el personal administrativo del museo asignó a su vez, el guía encargado, el día y la hora exacta para realizar la visita.

El día de la visita el grupo escolar llega 10 minutos retrasado causando problemas en el itinerario de los guías y del museo en general. La guía encargada de la visita se dirigió al grupo después de realizar las formalidades con los docentes encargados y se presentó como la persona responsable del grupo y como la guía dentro de la sala de Ciencias Naturales, indicó así mismo las normas de

comportamiento básicas como lo son el silencio, el estar atentos al guía y el no tocar ningún módulo o montaje, después el grupo se organizó en una fila y se dirigió al tercer piso del museo donde se encuentra la sala de Ciencias Naturales. La guía inició el recorrido con los ranarios, los cuales son unos montajes donde se muestran una serie de modelos de ranas del neotrópico, específicamente de Colombia. Luego realizó el recorrido por toda la sala terminando en el mural de cetáceos.

La dinámica de la presentación de la guía se centró básicamente en exponer morfología y taxonomía de los especímenes y modelos expuestos en los dioramas y demás montajes, no se hizo ningún tipo de relación con conceptos como nicho, adaptación, evolución, depredación, etc. La dinámica de la exposición fue la siguiente: la guía indicaba a todos los estudiantes que se debían sentar al frente del montaje o diorama, después de tener el grupo en orden se procedía a explicar cada uno de los especímenes representado en el montaje (taxonomía y morfología), después se les permitía a los estudiantes observar lo que la guía había acabado de explicar; mientras tanto la guía se dirigía al siguiente diorama y aproximadamente 2 minutos después llamaba nuevamente al grupo y les indicaba que debían sentarse frente al nuevo diorama y la rutina se repetía nuevamente durante todo el recorrido.

Los docentes acompañantes desempeñaron un rol como vigilantes y reguladores del comportamiento de los estudiantes en tanto que secundaban las indicaciones de la guía, aunque en algunas circunstancias uno de los docentes acompañantes demostró interés en relacionar la temática manejada en el guión museográfico, con los contenidos curriculares abordados en clase.

La visita culmina con la repetición de la rutina, es decir, los estudiantes salen en fila hacia la portería del museo donde se encuentran sus pertenencias, en este

momento la guía se despide del grupo escolar y de los profesores, dando por terminada formalmente la visita para el museo, más no para el grupo escolar que permanece tanto en el primer piso como en los sectores aledaños al edificio del museo durante algún tiempo hasta que los docentes organizan al grupo y lo dirigen hacia las porterías de la universidad.

En conversaciones con los docentes encargados de la visita escolar se consigue percibir que la actividad (visita al museo) no se encuentra relacionada explícitamente con el contenido curricular o con el plan de área, en palabras de uno de los docentes “la visita se pide y cuando se asigna (por parte del personal del museo o por parte de la administración de la institución educativa) ésta se realiza independientemente del contenido que se esté abordando o que se vaya a abordar” aunque los mismos docentes afirman que en algunas ocasiones se realizan actividades después de la visita como informes, resúmenes, etc.

Para el diseño de la propuesta que se pretende realizar, ejecutar y evaluar, la observación arroja muchos datos importantes que tomaron especial valor a la hora de diseñar específicamente las actividades a realizar en el MUUA. La observación permitió reconocer las rutinas, logística y patrones mínimos generales de comportamiento de los visitantes y personal del museo, además de las actividades que se llevan a cabo por parte de los grupos escolares en sus salas, más específicamente en la sala de ciencias naturales.

Estos resultados nos permitieron en un primer momento pensar en algunas condiciones especiales para la realización de las visitas de nuestro grupo clase:

- El grupo se dividió en dos grupos pequeños para la ejecución de dos rutas paralelas al interior de la sala de ciencias naturales.

- Se diseñaron dos rutas diferentes en las cuales el eje transversal fué el contenido de ecosistema, aunque se abordaron diferentes conceptos en cada diorama seleccionado para la ruta, es por esto que se debió antes de diseñar la ruta, realizar un estudio de cada una de las actividades, dioramas y montajes de la sala de ciencias naturales, teniendo en cuenta el conjunto de conceptos básicos que se pretendían abordar en el contenido conceptual.
- Otra condición que se tomó en cuenta para la visita fue la necesidad de que el grupo fuese guiado por el docente practicante, pues además de conocer las necesidades del grupo clase, este debía conocer con profundidad el contenido museográfico y museológico de la sala.

Teniendo en cuentas las anteriores condiciones se planteó la necesidad de la ejecución de las siguientes actividades:

1. Estudio de la oferta museográfica de la sala de ciencias naturales.
2. Estudio del guión museológico de la sala de ciencias naturales.

Después de realizadas estas actividades se pudo diseñar las rutas y luego de esto llevar a cabo una prueba piloto con otro grupo de escolares con características similares.

Actividades de aplicación

- Ejercicio de modelización usando el software Inspiration. (Anexo, numeral 4.4.1)

- Reestructuración de la sala Museo Universitario para favorecer la enseñanza de los ecosistemas.

7.4. Instrumentos de Recolección de la Información.

Diseño pretest - postest con grupo control

El principal instrumento de recolección de información es un diseño de evaluación pre-test pos-test que se aplicó en ambos grupos tanto al inicio del tratamiento (unidad didáctica) como al final de este. Estos instrumentos se utilizaron en el contexto de una unidad didáctica sobre los ecosistemas la cuál fue diseñada según los planteamientos de Jorba y Sanmartí (1996) sobre el ciclo didáctico. Durante la aplicación de dicha unidad didáctica al grupo experimental, se le administró un tratamiento que responde a las condiciones planteadas por Rosaria Justi para la aplicación de su propuesta, mientras que el grupo control se le intervino con un tratamiento convencional.

En primera instancia la aplicación del Pretest (ver anexo, figura 5) nos permitió establecer la equivalencia entre el grupo muestra y el grupo control, además de establecer un “punto de partida” con el cual comparar los resultados del postest. El postest (ver anexo, figura 8) por su parte hizo las veces de indicador del cambio relativo que los grupos presentaron con respecto al estado inicial.

El postest tuvo un diseño similar en contenidos al del pretest, pero varía en las situaciones que se presentan a los estudiantes, con el fin de evitar la repetición de las respuestas que dieron en el pretest y de minimizar el efecto de “repetición evocación de respuestas memorizadas de la actividad anterior ” que seguramente generaría la aplicación del mismo instrumento.

Producciones de los estudiantes

Durante el desarrollo del ciclo didáctico los estudiantes tuvieron la oportunidad de realizar diversas producciones como talleres, cuestionarios y bases de orientación que en conjunto con las actividades de pretest y postest fueron analizadas por medio de redes sistémicas para obtener información valiosa sobre los efectos de la aplicación de esta propuesta en la modelización del concepto de ecosistema en los estudiantes.

8. CRONOGRAMA

El proyecto se llevó a cabo en un tiempo aproximado de 15 meses con una secuencia de actividades divididas en tres fases: Diseño, ejecución y análisis de resultados y publicación. En el siguiente cuadro se describe con detalle la secuencia de actividades y los tiempos en los cuales se realizó.

FASES	ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FASE I: Diseño	Formulación del proyecto de investigación	■	■	■	■	■										
	Revisión bibliográfica.	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	Planteamiento del problema	■	■	■	■	■										
	Formulación de los objetivos	■	■	■	■	■										
	Presentación del primer avance del proyecto de investigación					■										
	Confección del diseño metodológico						■	■	■	■	■					
	Diseño de la unidad didáctica piloto								■							

	Diseño de la unidad didáctica experimental y de control.																		
	Elaboración de instrumentos de recolección de datos																		
FASE II: Ejecución	Ejecución de la propuesta de intervención																		
	Recolección de datos																		
	Presentación del segundo avance del proyecto de investigación																		
	Análisis de datos y resultados																		
FASE III: Análisis de resultados y publicación	Elaboración del informe final de investigación																		
	Publicaciones																		
	Presentación del informe final de investigación.																		

Tabla N°2: Cronograma de actividades.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mayor parte de los datos recolectados durante a aplicación de esta intervención (la actividad de exploración, el pre-test y el post-test) tienen un valor comparativo entre los grupos experimental y de control. Para analizar este grupo de datos se han elaborado dos redes sistémicas diferentes, una para analizar los datos de la actividad de exploración y otra para analizar y comparar los datos obtenidos en el pre-test y el post-test.

Al analizar los datos del pre-test y el post-test con el mismo instrumento se facilita la visualización de los cambios ocurridos en cada grupo después de su respectiva intervención. Por su parte el informe de la salida de campo no tiene un valor comparativo entre los dos grupos. Su importancia radica en la regulación del proceso al darnos una idea de las fortalezas y debilidades que presentan los estudiantes durante el transcurso del mismo. En la siguiente tabla se especifican las actividades realizadas en cada uno de los grupos y los instrumentos que se utilizaron para analizar la información obtenida.

<i>Fase del ciclo de aprendizaje</i>	<i>Actividad</i>	<i>Aplicación al Grupo experimental</i>	<i>Aplicación al Grupo control</i>	<i>Instrumentos para el análisis de datos</i>
<i>Exploración</i>	<i>-Pre- prueba</i>	X	X	<i>Red sistémica</i>
	<i>-¿Me Vendes tus gallinazos?</i>	X	X	<i>Red sistémica</i>
<i>Introducción</i>	<i>Video Power point</i>	X	---	<i>No Aplica</i>
<i>Estructuración</i>	<i>Salida de campo</i>	X	X	<i>Criterios para el análisis de la salida de campo</i>
	<i>Visita al Museo</i>	X	---	<i>No aplica</i>
<i>Aplicación</i>	<i>Modelos con inspiration.</i>	X	X	<i>Red sistémica</i>
	<i>Reestructuración del museo</i>	X	---	<i>Criterios para el análisis de la 'Reestructuración del Museo'</i>

Tabla N°3: Aplicación de los instrumentos de recolección y análisis de la información a los grupos experimental y de control.

9.1 Equivalencia de las Condiciones Iniciales de los Grupos Experimental y Control.

Para establecer las similitudes de los puntos de partida de ambos grupos antes de la ejecución y recolección de datos propiamente dicha, se contó con al menos tres meses, durante los cuales se aplicaron dos unidades didácticas sobre los temas de histología animal y sistema digestivo respectivamente.

Ambas unidades didácticas fueron enmarcadas en la modelización, lo cual implicó metodologías de enseñanza y evaluativas diferentes a las utilizadas en condiciones habituales de enseñanza.

Posteriormente a la aplicación de las unidades didácticas se procedió a ejecutar la intervención didáctica planteada como objeto principal de la presente investigación, teniendo en cuenta que ambos grupos presentaban un estatus similar en cuanto al conocimiento sobre las características, condiciones y objetivos de los procesos de modelización y al manejo de los contenidos conceptuales necesarios para continuar con la investigación; además del equilibrio conceptual conseguido tras la aplicación de las dos unidades didácticas, también es posible identificar algunos elementos que permiten hacer un estudio comparativo, ambos grupos presenta una proporción similar entre el número de estudiantes de cada género, el promedio de edad es idéntico y las condiciones socio-económicas se corresponden de manera equiparable.

9.2. Seguimiento del proceso de modelización del grupo experimental en relación al ciclo de aprendizaje, la perspectiva sistémica y las relaciones complejas.

En la tabla N° 4 se hace un seguimiento al proceso de modelización de los estudiantes según la propuesta de Justí (2006), en relación con las actividades del ciclo de aprendizaje utilizadas en la intervención que apuntaban a consolidar dicho proceso; asimismo, se relacionan esas actividades con la teoría de perspectivas sistémicas (Peisajovich, 2005). El contenido de cada cuadro en la tabla describe las condiciones alcanzadas por el grupo experimental frente a cada tópico. El análisis de los resultados describe más detalladamente cómo tuvo lugar la modelización.

<i>Modelización</i>	<i>Ciclo de aprendizaje</i>	<i>Perspectiva sistémica</i>	<i>Relaciones complejas</i>
<i>Condiciones para modelización</i>	<i>Actividades que atendieron esta condición</i>	<i>Concepto de sistema</i>	<i>Relaciones que se establecen entre los elementos del ecosistema</i>
<i>Los estudiantes deben tener una visión general sobre la naturaleza y el uso de los modelos.</i>	Unidad piloto sobre digestión. Presentación del esquema para la realización de modelos durante la presentación en PowerPoint	Los estudiantes se familiarizan con el uso y realización de modelos. La noción de sistema desde la perspectiva sistémica aún no se introduce.	Persiste en ellos una visión lineal y mecánica del funcionamiento de los ecosistemas representados en los modelos.
<i>Deben implicarse en actividades de construcción de modelos.</i>	Actividades de modelización durante la unidad piloto y la unidad experimental.	En la unidad piloto los modelos se mostraban bastante simples y lineales, situación que presentó cambios sustanciales en las siguientes actividades de modelización.	Las relaciones entre los elementos se limitan principalmente al intercambio de materia, excluyendo otro tipo de relaciones
<i>Deben aprender acerca de cómo y por qué algunos modelos científicos han sido elaborados</i>	Presentación y socialización sobre modelos en unidades piloto y experimental.	Los estudiantes aprenden a identificar sistemas y modelos en la vida diaria.	Relacionan la naturaleza de los fenómenos representados con los medios de representación
<i>Realizar una discusión inicial en la que se den elementos requeridos</i>	Intervención teórica en la que se trataron los conceptos de sistema, ecosistema, biodiversidad y	Los estudiantes mostraban una visión fragmentada y aislada de los sistemas naturales.	Los estudiantes reconocían como únicas interacciones en los ecosistemas la alimentación y el hábitat.

<i>posteriormente para la elaboración del modelo</i>	bioindicadores.	Por medio de la perspectiva sistémica se pudo presentar a los estudiantes los ecosistemas como conjuntos de elementos en interacción.	Mediante esta perspectiva se presentó ante ellos un nuevo orden de interacciones que se pueden llevar a cabo en un sistema natural dada su calidad de sistema.
<i>También es importante que los estudiantes tengan una experiencia previa con el objeto a modelar, sean estas preexistentes o adquiridas en el momento mediante una introducción.</i>	<p>Actividad de exploración: los estudiantes plasman una idea de lo que hasta el momento ha sido su experiencia con el objeto.</p> <p>Salida de campo: los estudiantes entran en contacto y con el objeto real y lo confrontan con la teoría.</p> <p>Visita al museo: los estudiantes entran en contacto con el objeto real en un ambiente controlado que les permite acceder a múltiple información para incrementar sus posibilidades de representación.</p>	<p>Inicialmente los estudiantes presentaban una visión de los ecosistemas idealizada y ajena a su realidad cotidiana.</p> <p>Luego de la intervención, en la salida de campo los estudiantes del grupo experimental lograron apropiarse una representación personal de un contexto real e incorporarla a los planteamientos teóricos.</p> <p>Luego de la visita al museo los estudiantes lograron extrapolar lo observado en su contexto a otras situaciones y espacios.</p>	<p>Inicialmente los estudiantes identificaban solo uno o dos tipos de relaciones <i>concretas</i> en los ecosistemas (alimentación y hábitat) de acuerdo con los planteamientos de los libros de textos.</p> <p>Luego de la intervención los estudiantes fueron capaces de identificar relaciones de flujo de energía, competencia, comunicación y sostenibilidad entre otras generando <i>abstracciones teóricas a partir de objeto real.</i></p> <p>La visita al museo les permitió visualizar estas mismas relaciones en espacios ajenos a su contexto, relacionando lo <i>tangible y cotidiano con las figuras teóricas por medio de abstracciones.</i></p>
<i>Es necesario que el profesor conozca el nivel de conocimientos de los estudiantes, para saber si son una base sobre la cual comenzar la construcción del modelo, prever problemas de comprensión y hacer preguntas que generen un ambiente crítico entre los estudiantes</i>	Unidades piloto y preguntas de las actividades de exploración.	Como ya se comentaba, los estudiantes contaban con un concepto idealizado y fragmentado de ecosistema. Sin embargo durante las unidades piloto se pudo establecer que los estudiantes contaban con las capacidades lingüísticas y conceptuales para la construcción de dicho concepto.	Los estudiantes establecían relaciones simples y lineales atendiendo principalmente a demandas alimenticias y en ocasiones de hábitat, además entre ellos primaba la idea de que los seres humanos ocupan un papel privilegiado con respecto a los demás organismos. Se vio la necesidad de generar con las intervenciones un ambiente crítico hacia esta postura antropocentrista y enfatizar en la multiplicidad de relaciones que se pueden establecer entre los

			elementos de un sistema natural
<i>En el ámbito motivacional es importante que la elaboración del modelo tenga un sentido práctico para los estudiantes</i>	Socialización de la intervención teórica, salida de campo, modelizaciones por medio del software <i>Inspiration</i> , y simulaciones con el software <i>Artificial Planet</i>	Los estudiantes comienzan a percibirse a sí mismos como parte fundamental y activa de su entorno y se interesan sobre los modos en que las alteraciones en este sistema los afectan.	Los modelos realizados por los estudiantes les permiten apropiarse los conocimientos teóricos y representarlos en un contexto real en el cual se incluyen. De este modo los estudiantes pueden pasar de las representaciones idealizadas y abstractas a representaciones concretas en las cuales son conscientes del rol que desempeñan.
<i>Si el objeto a modelar es una entidad abstracta se recomienda realizar actividades experimentales para que los datos obtenidos durante las pruebas sirvan como fuente de información para caracterizar dicho fenómeno.</i>	A nivel escolar el concepto de ecosistema presenta dificultades para realizar actividades de experimentación en el sentido estricto. Sin embargo la salida de campo puede entenderse como un contexto de aplicación del concepto. El formato de informe de salida de campo para el grupo experimental sirve como fuente de información para luego caracterizar el fenómeno modelado	El concepto de ecosistema se amplía y los estudiantes comienzan a ver múltiples posibilidades y escenarios que caben dentro de esta definición. La visión idealizada y aislada de los libros de texto cobra una importancia secundaria ante la posibilidad de identificar las características de un ecosistema en situaciones y espacios propios de su entorno cotidiano.	Los estudiantes reconocen la necesidad de la existencia de múltiples relaciones de diferentes tipos en un ecosistema para que este tenga un funcionamiento equilibrado
<i>Debe tener lugar la búsqueda de posibles situaciones análogas y debe hacerse explícita la limitación o limitaciones de una analogía con respecto al objeto</i>	Durante las unidades piloto y la intervención experimental se trataron con los estudiantes las características y usos que se le da a la elaboración de modelos. Igualmente se les habló sobre medios de representación y se realizaron actividades como la salida de campo y la visita al museo con el fin de que los estudiantes tuvieran elementos e información	Para facilitar que los estudiantes visualizaran los ecosistemas como una entidad a modelar se citaron otros ejemplos de modelos realizados en las ciencias y se compararon dichos fenómenos con los ecosistemas.	Se proporcionó a los estudiantes una guía metodológica simple mediante la cual podían realizar sus modelos. Además se habló a los estudiantes acerca de los medios de representación y de su relación con el objetivo de la modelización. Esto con el fin de que los estudiantes determinen la mejor manera de representar las diferentes relaciones

	que utilizar en sus modelos.		entre los elementos de los ecosistemas.
<i>Los estudiantes deben contar con diversos medios para representar sus modelos</i>	Actividades de modelización por medio del software <i>Inspiration</i> . Informe escrito de la salida de campo.	Para realizar sus modelos de los ecosistemas los estudiantes contaron con la ayuda de un organizador gráfico llamado <i>Inspiration</i> que les permitía utilizar imágenes, texto y diversos símbolos para expresar sus ideas sobre los sistemas naturales.	Las relaciones entre los elementos podían expresarse tanto en forma gráfica como por medio de texto en cada una de las actividades realizadas.

Tabla N° 4: Seguimiento del proceso de modelización del grupo experimental en relación al ciclo de aprendizaje, la perspectiva sistémica y las relaciones complejas

9.3. Resultados de la Fase de Exploración

Este análisis se refiere a la exploración del estado inicial de los estudiantes en cuanto a la modelización. Esta actividad se realizó con el objetivo de presentar a los estudiantes la temática que se iba a desarrollar en las semanas siguientes, indagar sobre el estatus inicial de los estudiantes en cuanto al ámbito conceptual y representacional sobre la noción de ecosistemas y realizar un primer diagnóstico en los estudiantes acerca de competencias como identificar, proponer y argumentar. En esta fase se analizaron dos actividades, por lo cual se presentan dos instrumentos de análisis:

- Pre-test
- ¿Me vendes tus gallinazos?

9.3.1. Análisis de la Actividad Pre-test

La siguiente red sistémica resume los resultados obtenidos con la aplicación del pre-test (Figura N°5). Las casillas que aparecen en color rojo corresponden a los resultados que presentan un mayor contraste entre los dos grupos.

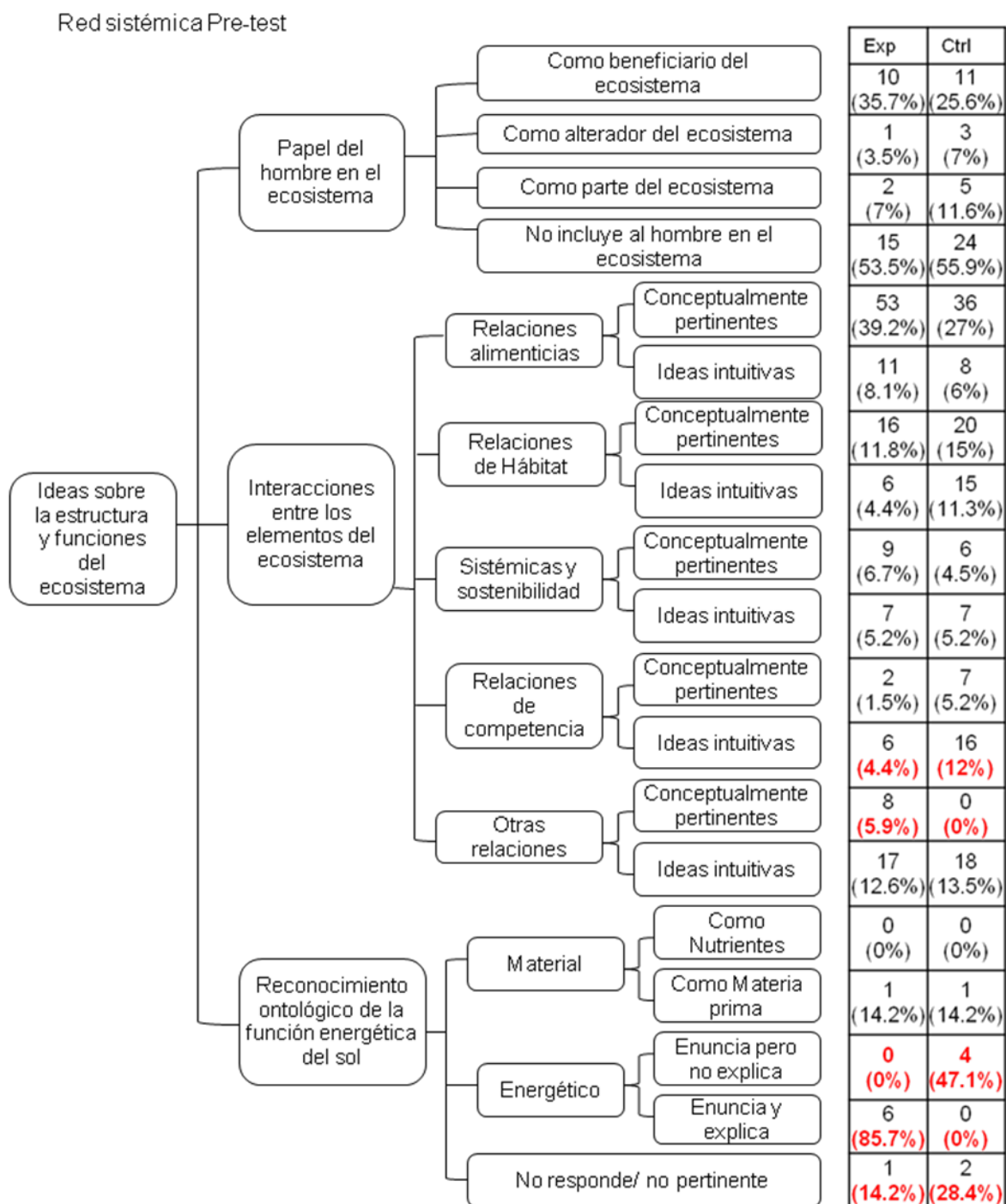


Figura Nº 5: Red sistémica para el análisis de la actividad de Pre-test.

Los instrumentos pre-test post-test utilizados para recolectar los datos sobre las Ideas referentes a la estructura y funciones del ecosistema constaban básicamente de tres ítems:

- Papel que desempeña el hombre en el ecosistema
- Interacciones entre los elementos del ecosistema
- Reconocimiento ontológico de la función energética del sol

A continuación se analizan cada uno de estos ítems evidenciando las variaciones que se llevaron a cabo en cada grupo respecto a estos tres aspectos.

Tanto en el grupo control, como en el grupo experimental, se evidencian resultados aproximadamente similares, al aplicar el pre-test (Figura N°5), en relación a la participación del hombre en el ecosistema o a la exclusión del mismo. Un número considerable de estudiantes incluían al ser humano como benefactor del ecosistema y solo algunos lo incluyeron como parte de este o como agente alterador del mismo. Sin embargo, la tendencia general en ambos grupos fue a no incluirlo dentro de su representación del ecosistema (aproximadamente la mitad de cada grupo).

El análisis del segundo ítem reveló que antes de la intervención la mayoría de relaciones que establecían los estudiantes tenían que ver con la alimentación, otras pocas con el hábitat, una minoría de relaciones de competencia y de sostenibilidad y otras tantas que no eran pertinentes dentro del desarrollo de la actividad. Sin embargo la mayoría de las respuestas se enunciaban, más no se explicaban pertinentemente, siendo asumidas como respuestas intuitivas.

El tercer ítem se refiere al rol que desempeña el sol dentro de los ecosistemas. Durante el pretest solo un grupo reducido de estudiantes lo incluyeron como un elemento dentro de sus ecosistemas y los estudiantes que lo incluyeron en su mayoría le asignaban un rol intuitivo con respuestas tales como “el sol le da vitalidad a las personas”, “el sol les da energía y estabilidad” y “el sol le proporciona crecimiento a las plantas”.

9.3.2. Análisis Actividad ¿Me vendes tus gallinazos?

Se realizó una actividad diagnóstica con base en la lectura del texto “¿Me vendes tus gallinazos?”, la cual relata la historia de un pueblo en donde se produce una gran emergencia sanitaria debido a que sus habitantes vendieron todos sus gallinazos. Después de la lectura se pidió a los estudiantes que respondieran a tres preguntas referentes a la importancia de algunos organismos en el funcionamiento de los ecosistemas.

Además de presentar a los estudiantes un panorama de lo que sería el desarrollo y los objetivos de la intervención, el instrumento intentaba indagar por tres diferentes capacidades o competencias en los estudiantes, que son *identificar*, *proponer* y *argumentar*. Con la estimación del estado de estas tres competencias se esperaba establecer un estado inicial de los grupos antes de la intervención.

La red sistémica con la cual se analizó esta actividad diagnóstica (Figura N° 6) evidenció que en ambos grupos el estatus inicial en la mayoría de los ítems era equiparable. Las casillas que aparecen en color rojo corresponden a los resultados que presentan un mayor contraste entre los dos grupos.

Red sistémica Actividad:
"¿Me vendes tus gallinazos?"

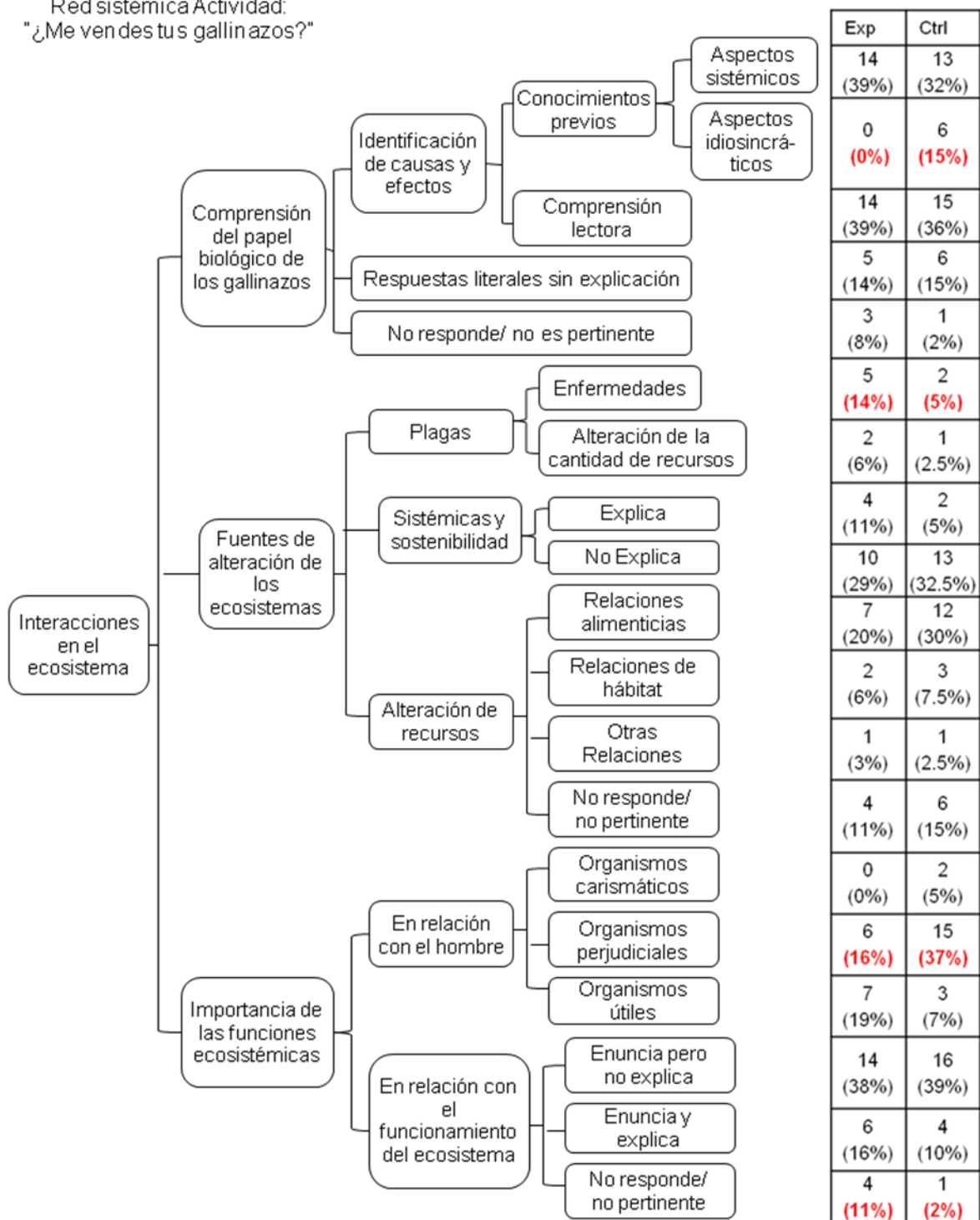


Figura N°6: Red sistémica para el Análisis de la actividad ¿Me vendes tus gallinazos?

En la primera pregunta, la cual buscaba que los estudiantes identificaran las causas de una alteración (propuesta en la lectura) se notó que en ambos grupos aproximadamente el 35% daba una respuesta basada netamente en la comprensión del texto, mientras el otro 35% emitía respuestas en las que hacía uso de otros conocimientos combinados con la lectura para dar una respuesta más completa. El 15% restante de ambos grupos, daban respuestas literales sin explicación, o simplemente no respondían.

Se destaca también que un 15% de los estudiantes del grupo control en esta fase inicial de ejecución, respondieron esta primera pregunta, tratando de explicar aspectos más allá de la lectura pero con un sentido más idiosincrático, tales como creencias y opiniones personales que no tenían que ver con la lectura; a diferencia del grupo experimental en el que todos se mostraron reacios a explicar con este tipo de creencias.

En la segunda pregunta, la cual se le pedía al estudiante que propusiera una nueva situación en la cual se pudiera generar un efecto parecido, se encontraron grandes similitudes en ambos grupos; en algunas de ellas consideran que las fuentes de alteración de los ecosistemas más relevantes, son las que se relacionan con la alimentación, y en un segundo plano las que se relacionan con el hábitat. Sin embargo, las respuestas más numerosas, son las relaciones sistémicas y de sostenibilidad, que consideran que si algún elemento del ecosistema falta, puede ocasionar una reacción en cadena, y por consiguiente un deterioro del mismo. No obstante, a pesar del intento de los estudiantes por expresar una respuesta compleja en el sentido sistémico sólo un muy bajo porcentaje logró dar una explicación apropiada o conceptualmente pertinente.

La última pregunta le pedía al que estudiante argumentara cuál animal no cumplía función alguna en ningún ecosistema. Para esta respuesta, los estudiantes en

ambos grupos, expresaron la importancia que para ellos era hacer parte de un ecosistema, y si eran imprescindibles o no.

Para el grupo control, un 50 % de estudiantes ven la importancia de los elementos de la naturaleza en relación con el ser humano, es decir, si los organismos no le pueden servir al hombre en ningún aspecto es porque no cumplen funciones suficientes que justifiquen su existencia. En el grupo experimental también se encuentra esta tendencia con un 35%, que aunque no es un porcentaje similar al grupo control, si es un porcentaje significativo en relación a las otras preguntas.

Por otro lado, es importante denotar que un porcentaje considerable de estudiantes en ambos grupos, expresó que todos los animales eran importantes pese a que no prestaran un servicio inmediatamente perceptible para el ser humano, pues podrían serlo para otros animales y organismos. Sin embargo, no lograban explicar por qué cada organismo cumplía una función importante dentro del ecosistema.

9.4 Resultados de la Fase de Estructuración

Esta parte del análisis corresponde con la información aportada por la salida de campo; dado que las actividades que se realizaron en la salida de campo para cada grupo son diferentes estas no van a tener un valor comparativo entre sí en el sentido estricto pues de antemano se pidió a los estudiantes que hicieran algo diferente en cada intervención.


El análisis de las elaboraciones de los dos grupos permite estimar la “efectividad relativa” de ambas intervenciones al interior de la perspectiva abordada para cada grupo, evaluando hasta qué punto se ha alcanzado los objetivos planteados por cada intervención en el momento de realizar la actividad.

El análisis de cada grupo de elaboraciones se realizó teniendo en cuenta dos ítems principales que son el dominio conceptual y la apropiación representacional del concepto de ecosistema.

- Dominio conceptual: este ítem se refiere a la correspondencia entre los conceptos expresados por los estudiantes y los contenidos presentados durante la intervención. Pretende visualizar en qué medida los estudiantes han logrado reelaborar e incorporar los contenidos conceptuales de la intervención y qué contenidos han presentado una mayor o menor dificultad para su aprendizaje.
- Apropiación representacional: este ítem pretende evaluar la capacidad de los estudiantes para acercar sus representaciones a las representaciones científicas por medio de argumentos sustentados. También pretende estimar la capacidad de los estudiantes para llevar las representaciones escolares (o de libro de texto) a un contexto real, asignando a cada elemento una función dentro de su representación de una manera adecuada y argumentada según el contexto que trata de representar.

Tras la salida de campo, los estudiantes realizaron una actividad diferente para el grupo control y el grupo experimental. En el grupo control se aplicó un instrumento donde se evaluó el nivel de apropiación conceptual correspondiente a los conceptos tradicionales analizados en los ecosistemas, tales como, factores bióticos y abióticos, pirámide trófica y clasificación de los organismos de acuerdo a su fuente de energía principal (Ver figura N° 7). En este formato, los estudiantes debían dibujar en la pirámide trófica los elementos del ecosistema que estuvieran observando en la salida de campo.

Por otro lado, para el grupo experimental, se aplicó un instrumento diferente, en el cual se tienen en cuenta los elementos esenciales de los sistemas desde la perspectiva sistémica presentada por Bárbara Peisajovich, por lo cual los estudiantes debían identificar estos elementos en un ecosistema natural delimitado y observado por ellos durante la salida de campo (Ver figura N°8).

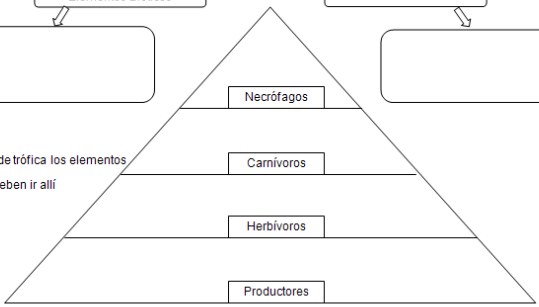

I. E. ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MEDELLÍN

Nombre: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

De acuerdo al recorrido que hemos tenido por la institución educativa identifica...

Elementos Bióticos


Elementos abióticos



Dibuja en la pirámide trófica los elementos que tu creas que deben ir allí

Comprometidos con la formación de maestros desde 1851

Figura N° 7: Formato para la recolección de datos de la salida de campo del grupo control


I. E. ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MEDELLÍN

Nombre: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

Ecosistema		¿Qué elemento puede desempeñar este papel?
Estructura	Limites	
	Depósitos	
	Redes de comunicación	
Función	Flujos	
	Válvulas	
	Alibajos de retroalimentación	

Nombre _____ Grado _____ Fecha _____
Comprometidos con la formación de maestros desde 1851

Figura N° 8: Formato para la recolección de datos de la salida de campo del grupo experimental.

Los resultados obtenidos en esta actividad nos permiten extraer algunos elementos que se pueden utilizar como indicadores del alcance de los objetivos durante el proceso. Analicemos entonces las particularidades extraídas del grupo control.

Grupo control:

- Identifican eficazmente los elementos tradicionales presentados en condiciones habituales de enseñanza del concepto de ecosistema, tales como factores bióticos y abióticos, etc. Una posible explicación de este resultado es que los estudiantes se han familiarizado con dichos términos luego de haberles sido presentados en repetidas ocasiones en las que el ecosistema es analizado desde una perspectiva analítica.
- Algunos elementos de la pirámide trófica se “identifican” de acuerdo a una tipología preestablecida, por ejemplo todos los organismos que utilizan como fuente de energía otros organismos, son catalogados como carnívoros; como evidencia de esto se puede mencionar la identificación de organismos como hongos dentro del grupo de los carnívoros, este fenómeno se manifestó en varios de los trabajos presentados por los estudiantes (ver figura N° 9).

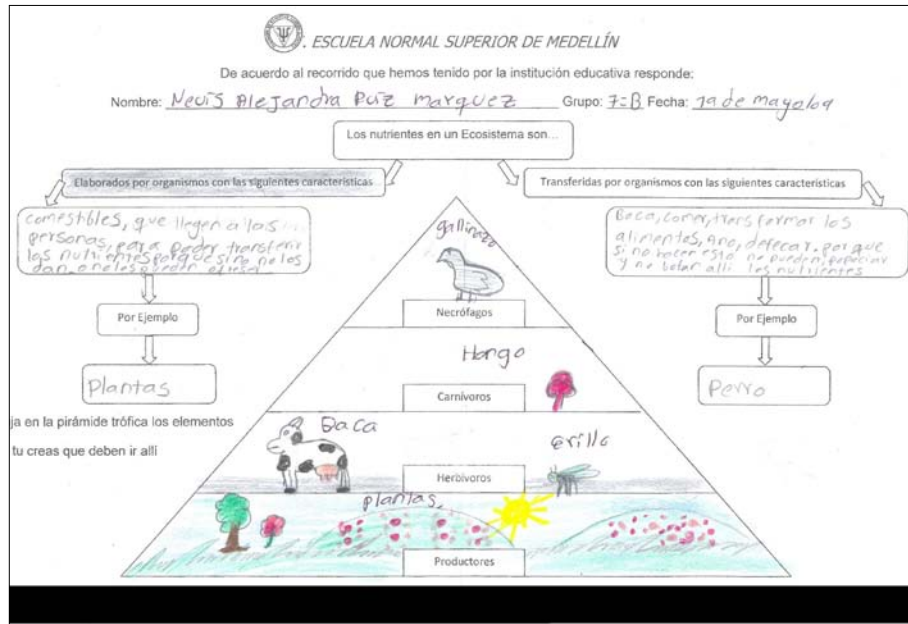


Figura N° 9: Respuesta de estudiante grupo control. Identificación de un hongo como un carnívoro

- Generalizaciones conceptuales del ecosistema en el ámbito representacional: algunos estudiantes al enfrentarse al trabajo propuesto, recurrieron a representaciones comúnmente encontradas en libros de texto, haciendo uso, por ejemplo, herbívoros como la vaca y carroñeros como el buitre en lugar de utilizar los organismos presentes en el espacio de la salida de campo (Figura N°9). Estos resultados coinciden con los planteamientos de Peisajovich, que propone la visión estática y simplificada del ecosistema que se constituyen como una dificultad para elaborar y apropiarse una representación personal a partir de la observación de un fenómeno (Peisajovich, 2005).

Grupo experimental:

- A diferencia del grupo control, en el grupo experimental los estudiantes recurrieron a los elementos que realmente estaban observando en la salida de campo para estructurar sus esquemas del ecosistema. Consideramos que en el aspecto representacional es un gran logro para los estudiantes el ser capaces de desprenderse de algunos errores representados en los libros de texto y lograr elaborar una representación personal del fenómeno observado de acuerdo con los planteamientos teóricos en lugar de reproducir los modelos observados en textos y clases magistrales.

		Ecosistema que delimitaste:
		ARBOLES
Estructura	Límites	El nivel del tronco y de las hojas
	Depósitos	Algunos cavidades hechos naturalmente o por animales, que sirven para almacenar agua o nutrientes
	Redes de comunicación	Algunos ramos largos que se conectan con otros árboles y sirven así un medio para intercambiar energía
Funcionalidad	Flujos	La savia la que se absorbe por las raíces y hace el papel de barrera protectora contra insectos porque los árboles absorben nutrientes inorgánicos
	Válvulas	Yo creo que son los hojas y las ramas, porque si hace las hojas regulan el flujo de agua
	Altibajos de Retroalimentación	Por ejemplo: si yo le quito las hojas el árbol ya no puede servir de refugio y se va secando hasta que muere

Figura N° 10: Respuesta de estudiante grupo experimental.

- Se presenta una dificultad clara en cuanto a la apropiación conceptual de los elementos o categorías del sistema, especialmente de aquellas que presentan un carácter más abstracto, como lo son las válvulas y los altibajos de retroalimentación. Se recomienda hacer una profundización en

estos elementos y desarrollar actividades experimentales para estructurar estos conceptos (Figura N°10).

- En general los estudiantes del grupo experimental lograron establecer una representación del ecosistema más cercana al perfil científico, es decir, una red de flujo y transformación de energía y materia por medio de múltiples interacciones. Este resultado contrasta con la visión tradicional, donde los ecosistemas son presentados como una progresión lineal de flujo de materia y energía.

9.5. Resultados de la Frase de Aplicación

Los resultados que se analizan en este aparte corresponden con la aplicación de dos actividades: el Post-test, correspondiente a la modelización con el Software Inspiration; y la Actividad de Reestructuración del Museo, posterior a la visita al mismo, la cual fue aplicada sólo al grupo experimental.

9.5.1. Análisis de la Actividad de Post-test

Se realizó una red sistémica para analizar los datos en la actividad del Post-test, la cual corresponde a la misma red aplicada a los resultado en el pre-test, pero con resultados diferentes (Figura N°11). Las casillas que aparecen en color rojo corresponden a los resultados que presentan un mayor contraste entre los dos grupos.

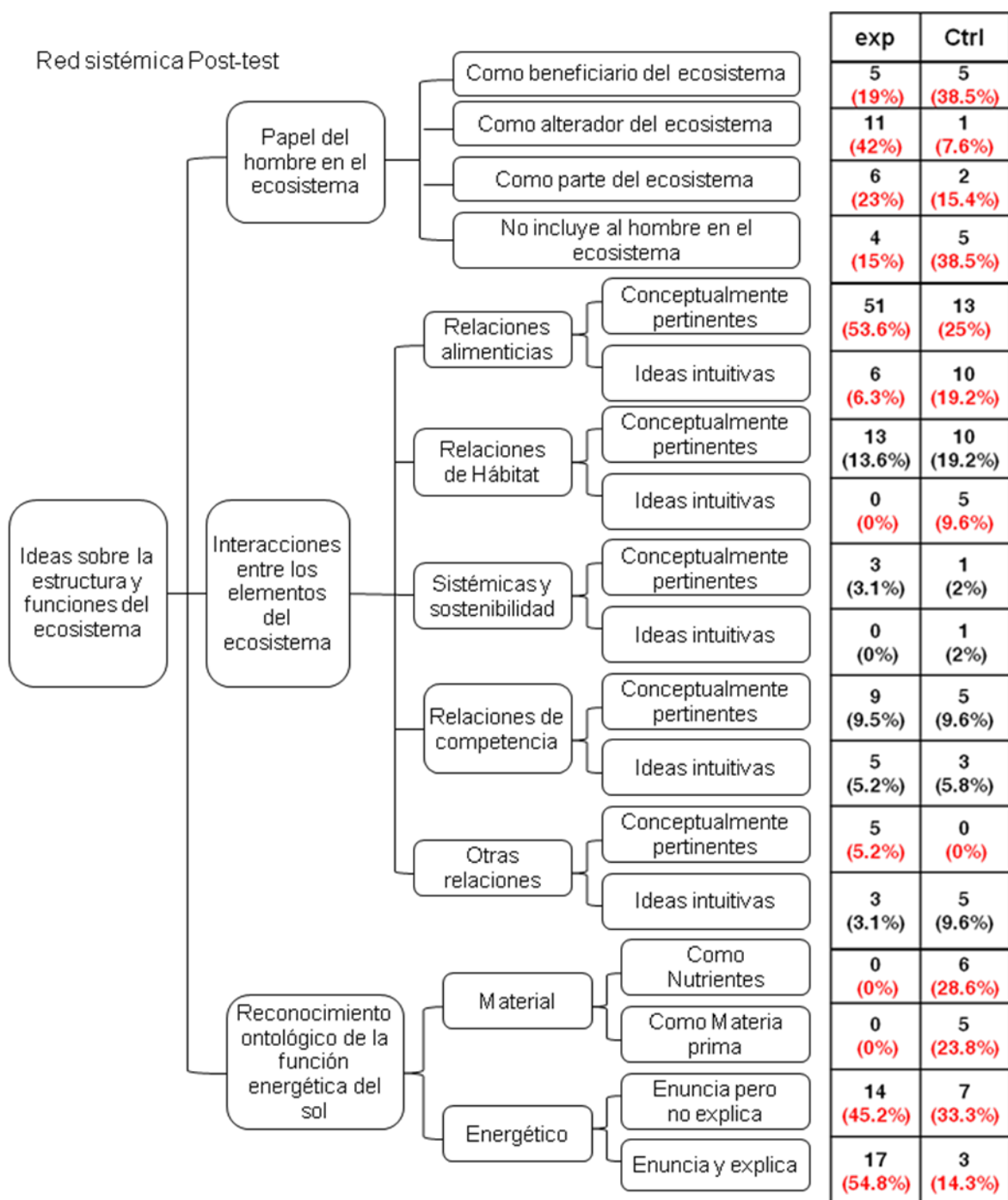


Figura N°11 Red Sistémica para analizar los datos obtenidos en la actividad de Post-test.

Al igual que la actividad del Pre-test, los datos sobre las ideas referentes a la estructura y función del ecosistema contaron básicamente de tres ítems:

- Papel que desempeña el hombre en el ecosistema
- Interacciones entre los elementos del ecosistema
- Reconocimiento ontológico de la función energética del sol

A continuación se analizan cada uno de estos ítems evidenciando las variaciones que se llevaron a cabo en cada grupo respecto a estos tres aspectos.

Luego de la intervención y ejecución de la unidad didáctica sobre modelización, el papel del hombre en el ecosistema, cambia significativamente en el grupo experimental, a diferencia del grupo control, el cual continúa con la misma tendencia encontrada en la aplicación en el pre- test (Figura N° 5).

En el grupo experimental se incrementa el porcentaje de los estudiantes que colocan al hombre como parte del ecosistema y disminuye significativamente el número de estudiantes que no lo incluyeron al principio de la ejecución. El número de estudiantes que incluyeron al ser humano como agente alterador incrementó considerablemente, indicando en los estudiantes una nueva percepción acerca de la multiplicidad de efectos que puede tener la actividad humana dentro de los espacios naturales (Figura N° 12)

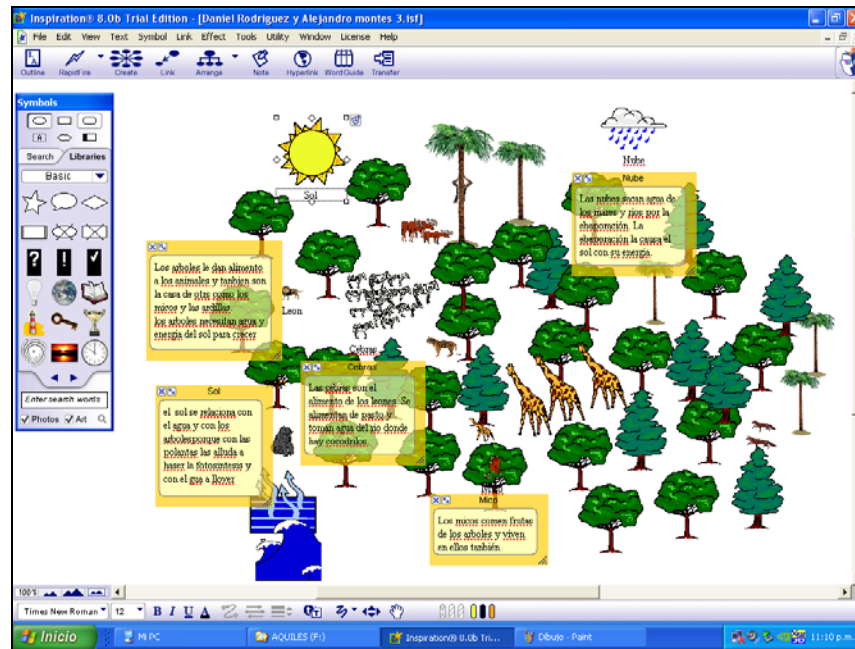


Figura N°13: Relaciones teóricamente pertinentes

El grupo experimental por su parte enfatizó en la función energética del sol, siendo capaces en su mayoría de reconocer y explicar los mecanismos por los cuales el sol le proporciona energía a los organismos o afecta la generación de lluvias y otros fenómenos atmosféricos.

Esta diferenciación en el reconocimiento del papel ontológico del sol, en conjunto con la capacidad para reconocer nuevas relaciones entre los elementos del ecosistema son los aspectos que presentaron mayor contraste entre los dos grupos durante la realización del post-test

9.5.2. Criterios para el Análisis de la 'Reestructuración del Museo'

Esta actividad consistió en pedirles a los estudiantes que en equipos naturales de cuatro personas, de acuerdo con lo observado en la visita al museo, realizaran

una propuesta de organización de los montajes con la cual consideraran que se podría explicar mejor el concepto de ecosistema, utilizando dibujos y explicación escrita.

Los siguientes son los criterios para el análisis de los dibujos que hicieron los estudiantes. Las categorías de dominio conceptual y apropiación representacional, son las mismas utilizadas para el análisis de las respuestas a la salida de campo, pero, dado el cambio en la forma de representación prevista por la actividad, se han ajustado al análisis de un dibujo.

- **Dominio conceptual:** este ítem se refiere a la capacidad que tiene el estudiante de trasladar al contexto de una posible reorganización del Museo, los contenidos modelados sobre las interacciones ecológicas. Un estudiante que ha alcanzado un estatus de fructibilidad de sus ideas sobre el tema, sería capaz de presentar en forma de dibujo una reorganización de las exhibiciones del Museo, que destaquen una visión ecológica antes que analítica de las relaciones o de permanencia de la misma museografía.
- **Apropiación representacional:** este ítem pretende evaluar la capacidad de los estudiantes para usar el dibujo como mecanismo para representar sus ideas, apoyándose en el texto escrito que usan para relacionar la expresión museográfica con el argumento basado en la comprensión conceptual.

9.5.3. Análisis de la actividad de “Reestructuración del museo”

Dominio conceptual: en cuanto a este ítem el análisis de los datos reveló dos diferentes tendencias en las respuestas de los estudiantes.

- **Zoo-centrismo:** los estudiantes plantean el ecosistema como una función de los organismos (principalmente animales) que lo componen. Presentan una

dificultad para lograr una representación argumentada de las interacciones que lleva a cabo el organismo con su entorno biofísico y utilizan el texto básicamente como apoyo para describir el lugar que ocupa dicho organismo dentro de su entorno. (Figura N° 14)

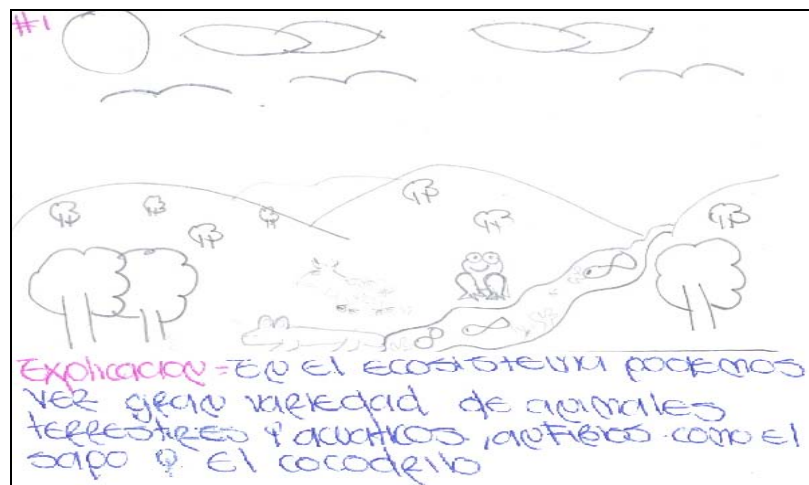


Figura N° 14: Ecosistema en función de los animales que contiene

- Relaciones bio-físicas: los estudiantes en sus ecosistemas representan o los organismos en función del espacio y las posibilidades que este les ofrece. (Figura N° 15)



Figura N° 15: Relaciones bio-físicas

Apropiación representacional: en esta categoría se pueden identificar tres tendencias generales a partir de las respuestas de los estudiantes:

- Reproducción de los montajes observados en la visita al Museo: Los estudiantes se limitan a representar de nuevo los montajes o dioramas que vieron durante la visita. Representan montajes o “ecosistemas” de aves, reptiles y peces, sin incluir en dicha representación ningún elemento referente a las relaciones ecosistémicas que se pueden presentar en este espacio. (Figura N°16)



Figura N° 16: Reproducción de montaje observado en la visita al Museo

- Hibridación de ideas taxonómicas y sistémicas: los estudiantes realizan sus representaciones desde una base o lógica taxonómica, pero usando como criterio de agrupación las relaciones que cada elemento establece en su espacio y las funciones que desempeña en el mismo (figura N° 17)

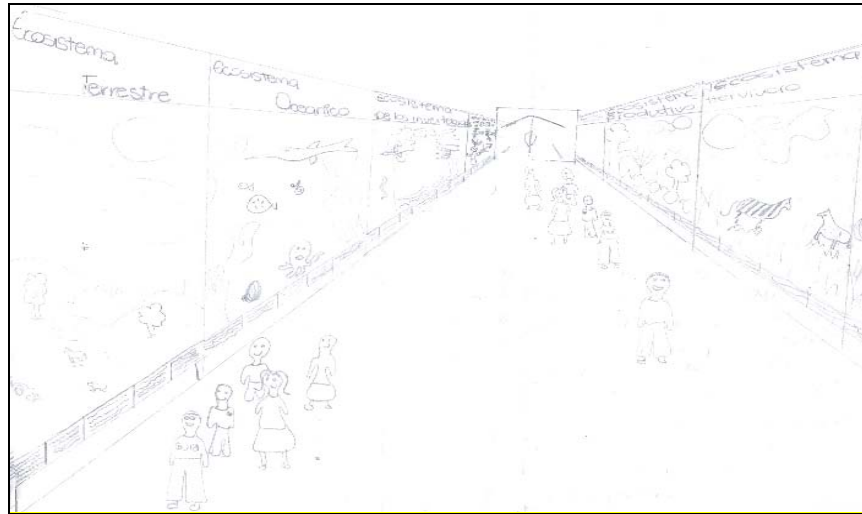


Figura N° 17: Hibridación de ideas taxonómicas y sistémicas

- Representaciones basadas en las relaciones ecosistémicas: en una menor proporción algunos estudiantes realizaron representaciones de espacios biofísicos en los cuales el componente principal de organización fue el modo en que los distintos elementos del ecosistema se relacionaban entre sí y con el espacio que los rodea (Figura N° 18)

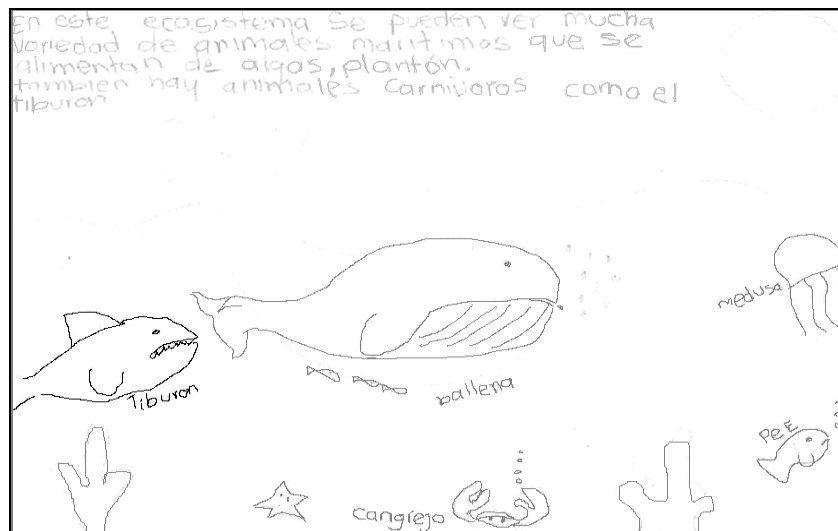


Figura N° 18: Representaciones que evidencian interacción entre los elementos del ecosistema

10. CONCLUSIONES

Respecto de la pregunta inicial acerca de cuáles serían los efectos de la aplicación de esta intervención sobre el desarrollo de un pensamiento complejo, podemos decir que dicha intervención ha tenido un efecto favorable. Los estudiantes del grupo experimental expresaron en sus representaciones del ecosistema un entramado de relaciones más complejo, tanto en número como en la naturaleza y características de dichas relaciones, en contraste con su percepción inicial sobre los ecosistemas, que en la mayoría de los casos se reducía a relaciones lineales de transferencia de materia por medio de la alimentación.

Por otro lado, además de la complejidad de sus representaciones, estas lograron alcanzar un estatus más cercano a los planteamientos teórico-científicos, prescindiendo de ideas intuitivas dentro de dichas representaciones. Esto se puede ver reflejado principalmente en la atribución al sol de un rol energético claro en sus mecanismos de intervención, ya sea en la fotosíntesis o en fenómenos atmosféricos y meteorológicos. Por parte del grupo control, las representaciones logradas por los estudiantes tendieron a conservar un componente intuitivo considerable, especialmente en los ítems señalados anteriormente respecto a la función energética del sol.

Igualmente importante, es el hecho de que los estudiantes hayan desarrollado capacidades para interpretar su propia realidad y entorno, por medio de los modelos y planteamientos científicos presentados en clase. Hablando particularmente respecto del concepto de ecosistema, se logró que los estudiantes pudieran identificar y representar sistemas naturales en su entorno cotidiano, se ubicaran ellos mismos dentro de este y, determinaran qué rol desempeñan y cuáles son los efectos de sus acciones sobre este.

Los estudiantes del grupo control por su parte, presentaron dificultades para pasar de la representación del libro de texto a la representación de un contexto real. Persistió en ellos la idea de que los ecosistemas son “lugares” ajenos al contexto humano, en los que se llevan a cabo relaciones tróficas entre sus elementos. El ser humano hace las veces de beneficiario de dichos espacios, al aprovechar los recursos que este provee.

En cuanto a la gestión de las condiciones necesarias para llevar a cabo los procesos de modelización, podemos afirmar que se logró proporcionar un ambiente propicio para que los estudiantes consideraran la importancia de realizar representaciones para explicar, visualizar e interpretar diferentes fenómenos y entidades naturales. También se logró introducir exitosamente a los estudiantes en la realización de dichos modelos, proporcionando a los estudiantes los elementos teóricos y metodológicos necesarios para hacerlo.

Sin embargo, es necesario señalar que durante la aplicación de esta intervención, el uso del lenguaje fue un factor limitante para que los estudiantes expresaran sus ideas respecto a la temática, pese a que previo a la intervención experimental, se realizaron dos unidades piloto con el objetivo de familiarizar a los estudiantes con la metodología, la terminología y los instrumentos a utilizar.

Los estudiantes presentaron dificultades en la apropiación de conceptos con un alto grado de abstracción (tales como válvulas y altibajos de retroalimentación, por citar algunos ejemplos), factor que se remite igualmente a la necesidad de realizar un trabajo más intensivo y continuado en el área lingüística y plantea la posibilidad de repensar la estructura y presentación de los instrumentos, para que facilite la expresión de las ideas por parte de los estudiantes.

El MUUA por su parte, desempeñó un papel importante en la aplicación de esta intervención, pues proporcionó a los estudiantes un espacio controlado en el cual podían entrar en contacto con varios elementos de su objeto de modelización y de este modo, enriquecer dicha representación, tanto en su contenido como en los medios de expresión.

En este sentido, podemos decir que el MUUA tiene la potencialidad de servir como espacio de apoyo para la realización de propuestas de intervención en el área de ciencias naturales y particularmente referentes al concepto de ecosistema. Sin embargo hay que tener en cuenta que el Museo por sí solo no constituye un elemento educativo propicio para estas actividades, sino que requiere ser analizado, criticado y re-pensado por el maestro, para que su utilización pueda favorecer los objetivos planteados para cada intervención.

11. RECOMENDACIONES

Si bien la implementación de la intervención luego de dos intervenciones piloto mostró resultados favorables en cuanto al desarrollo de un pensamiento complejo y científicamente pertinente, la observación de las elaboraciones y participaciones de los estudiantes sugiere la necesidad de desarrollar distintas estrategias para favorecer en los estudiantes el desarrollo de habilidades lingüísticas en el contexto de las ciencias naturales, además de realizar un trabajo más continuado con los estudiantes para fortalecer competencias tales como explicar, argumentar, representar, interpretar, proponer, entre otras.

Por otro lado, las dificultades de los estudiantes para la elaboración de conceptos con un grado elevado de abstracción, apuntan hacia la necesidad de enfatizar en actividades de estructuración a modo de experimentación que favorezcan la concreción de dichos conceptos. Esta dificultad también puede solventarse mediante la re-contextualización de los conceptos complejos, de modo que el estudiante pueda acceder más fácilmente a ellos mediante un lenguaje más parsimonioso y descriptivo.

Se recomienda igualmente una revisión de los instrumentos de recolección de la información respecto de las problemáticas anteriormente señaladas, con el fin de optimizar la cantidad y representatividad de los datos obtenidos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, P.C, Vázquez, M. A. M. (2004). Consideraciones generales sobre la Alfabetización Científica En Los Museos De La Ciencia Como Espacios Educativos No Formales [versión electrónica]. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, (3).
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1982). *Qualitative Research For Education: An introduction to theory and methods*. Boston: Allyn & Bacon.
- Czerwonogora, A. (2003). ¿Qué sistema es el ecosistema? Una mirada a la naturaleza desde la Enseñanza para la Comprensión (EpC) en primaria en el Instituto Arier Hebreo Uruguayo [versión electrónica]. *Revista Alternativas, Espacio Pedagógico*, 33 (8), 129-136. San Luis, Argentina.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 11(25), 1369-1386.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modeling: Routes To more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (2), 115-130.
- Greca, I. M. & Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales, Modelos Conceptuales Y Modelización. *Cad.Cat.Ens.Fis.*, 2 (15), 107-120.
- Hein, G. E. (1995). The constructivist museum [versión electrónica]. *Journal of Education in Museums*, 15, 1-15. Tomado, Reino Unido. Extraído Agosto, 2004, de la página web de The Group for Education in Museums: <http://www.gem.org.uk/pubs/news/hein1995.html>

- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. Baptista, P. (2008). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 5 (14). 541-562.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Buckingham and Philadelphia: Open University Press
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*
- Johnson-Laird, P. N. (2001). *Human reasoning and rationality*. A paper. Ponencia presentada en the International Symposium on Foundations and the Ontological Quest: Prospects for the New Millennium. Cognitive Sciences Section at The Pontifical Lateran University, The Vatican.
- Jorba, J., Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua: Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias naturales y matemáticas*. Barcelona: Ministerio de educación y cultura.
- Justi, R. (2006). Enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2 (24), 173-184.

Martínez Carazo, P. C. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Revista Pensamiento y gestión*, 20, 165-193.

MUSEO UNIVERSITARIO UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, MUUA. Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de museo.udea.edu.co/sitio/index.php?/informacion/informacion.mua

Nappa, N. Insausti, M.J. Sigüeza, A.F. (2006). Características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las disoluciones. *Revista Eureka Sobre la Enseñanza y la Divulgación de las Ciencias*, 1 (3), 2-22.

Nersessian, N. (2007). Razonamiento basado en modelos y cambio conceptual. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación Científica*, 3 (4), 563-570

Palacio, A. Correa, A. L. (2008). *Los organizadores gráficos: Una herramienta para la construcción y evaluación de los modelos mentales del ciclo del agua en estudiantes de la básica secundaria*. Proyecto para optar el título de Licenciado en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín.

Peisajovich, B. (2005). El enfoque sistémico: Una propuesta de trabajo para la enseñanza primaria. *Correo del Maestro*, 113. Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/octubre/nosotros113.htm>

Peisajovich, B. (2005). La modelización de la enseñanza de las ciencias naturales, una propuesta de la construcción de modelos científicos para la escuela

primaria. *Correo del Maestro*, 107. Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/abril/nosotros107.htm>

Pérez, J.E. Alfonso, E.A. (2009). *Aprendizaje de la cultura de la prevención en salud por libre elección: El uso del museo como recurso didáctico*. Proyecto para optar al título de Maestría en Educación, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Rojas Durango, Y. A. (2007). *Dificultades en la modelización didáctica del modelo biológico de flor. Un estudio de caso en la Licenciatura en Educación Básica, Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia*. Proyecto para optar al título de Maestría en Educación, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Russell, P. (1993). *La Tierra Inteligente*. España: Gaia Ediciones.

Sánchez Pérez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente: Una mirada a Colombia. *Revista Economía y Desarrollo*, 1 (1), 79-98. Universidad Autónoma de Colombia. Bogotá, Colombia.

Torres Ochoa, S. R. (2008). Evaluación de cambios cognitivos de conceptos de ecología, en estudiantes de nivel secundaria en México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (10). Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de <http://redie.uabe.mx/vol10no2/contenido-torresochoa.html>

Vallejo, F., González, V. (2008). *Noción de sistema a partir del sistema digestivo y sus interacciones desde la perspectiva del aprendizaje significativo*. Proyecto para optar el título de Licenciado en Educación Básica con énfasis en

Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Facultad de Educación,
Universidad de Antioquia, Medellín.

13. ANEXO

UNIDAD DIDÁCTICA: DIMENSIÓN SISTÉMICA DE LOS ECOSISTEMAS EN FUNCIÓN DE RELACIONES COMPLEJAS

Autores:

Hernán David González, Docente practicante I.E. Normal Superior de Medellín (Antioquia, Colombia) Estudiante de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Universidad de Antioquia. Hernan_gonzalez_udea@yahoo.es

Ana Milena Grajales, Docente practicante I.E. Normal Superior de Medellín (Antioquia, Colombia) Estudiante de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Universidad de Antioquia. ana.nena@gmail.com

Fanny Angulo Delgado. Profesora Facultad de Educación Universidad de Antioquia (Colombia) fangulo@ayura.udea.edu.co
Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona.

Área Temática: Biología

1. Resumen

Tal como se describe en el título, la UD pretende desarrollar la idea de ecosistema desde una perspectiva sistémica en la cual el estudiante pueda poner en consideración la verdadera naturaleza y complejidad de estos sistemas naturales en contraposición con la perspectiva lineal y fragmentada en que se introduce el

concepto convencionalmente. A partir de esta intervención se espera propender en los estudiantes por el desarrollo de un entendimiento más profundo y crítico de sus relaciones con su entorno, así como de las consecuencias que sus actos pueden tener sobre este y por ende en su propia calidad de vida.

Teniendo en cuenta los estándares curriculares que regulan el sistema educativo colombiano, esta UD está pensada para aplicarse con una población de estudiantes entre los 11 y los 13 que se encuentren cursando el séptimo grado. Pensamos que además de cumplir con los estándares curriculares para este momento de la formación, esta unidad didáctica puede articularse convenientemente con otros contenidos presentados en este grado, tal como la teoría celular, histología y sistema digestivo ente otros².

El objetivo de fondo al desarrollar esta UD es acercar a los estudiantes a una visión integral de su espacio biofísico y de ellos mismos como componente activo de estos. De este modo se espera contribuir con el desarrollo de nuevas y más sanas actitudes de los estudiantes hacia su entorno mediante el reconocimiento de la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas naturales.

2. Marco teórico

En la elaboración de una UD son varios los elementos que se deben tener en cuenta. Tratamos de elaborar una descripción detallada de un ¿cómo? (metodologías, propuestas didáctica...) para llevar a las aulas un ¿qué? (Contenidos). Estos dos elementos deben sin embargo ser pensados, seleccionados y articulados siempre en función de un ¿dónde?, (contexto escolar)

² Revisar UD sobre sistemas digestivos por González y Grajales, (2009).

y un ¿a quién?, (intereses de los estudiantes). En este capítulo trataremos de hacer una clara descripción del ¿cómo?

Para llevar a cabo la aplicación de esta UD se plantea la articulación de tres elementos fundamentales, hablamos de la modelización, el ciclo del aprendizaje y la perspectiva sistémica. Es importante, acorde con el planteamiento general de la propuesta de intervención, que estos elementos no se incluyan simplemente como un “inventario” de insumos utilizados en forma aislada para estructurar la propuesta, sino que por el contrario se encuentren inmersos en una profunda coherencia interna que potencie su funcionamiento sinérgicamente.

Se trata entonces de lograr no solo una yuxtaposición de teorías independientes que aporten por sí solas un aspecto determinado de la propuestas a manera de un “¿cómo?” por partes, sino de encontrar una verdadera transversalidad entre los planteamientos en cada una de las etapas de la intervención tratando de elaborar y describir un ¿“cómo”? multidimensional. Por motivos prácticos sin embargo trataremos de explicar al lector cada uno de estos elementos por separado para luego integrarlos en una guía metodológica y conceptual sintetizada.

Modelización.

La propuesta de Rosaria Justi, (2006) para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización estará fundamentando (en conjunto con los planteamientos sobre el ciclo del aprendizaje de Jorba y Sanmartí en 1998) la dimensión operativa de nuestro ¿“cómo”? En un intento por extrapolar parte de la esencia de la construcción del conocimiento científico a los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de las aulas regulares Justi propone un modelo a manera de guía metodológica con el cual implementar los procesos de modelización que se llevan a cabo en la actividad científica para la construcción de

un conocimiento escolar más cercano a los cánones de científicidad y que responda además a las necesidades e intereses de los estudiantes dentro de la sociedad actual.

Partiendo de algunos planteamientos sobre los procesos de modelización en la ciencia realizados por Clement el 1989, Justi en compañía de Gilbert lograron extraer algunos aspectos generales mediante los cuales los científicos razonan y elaboran sus modelos explicativos y a partir de esto lograron desarrollar el siguiente modelo para proyectar estos procesos a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

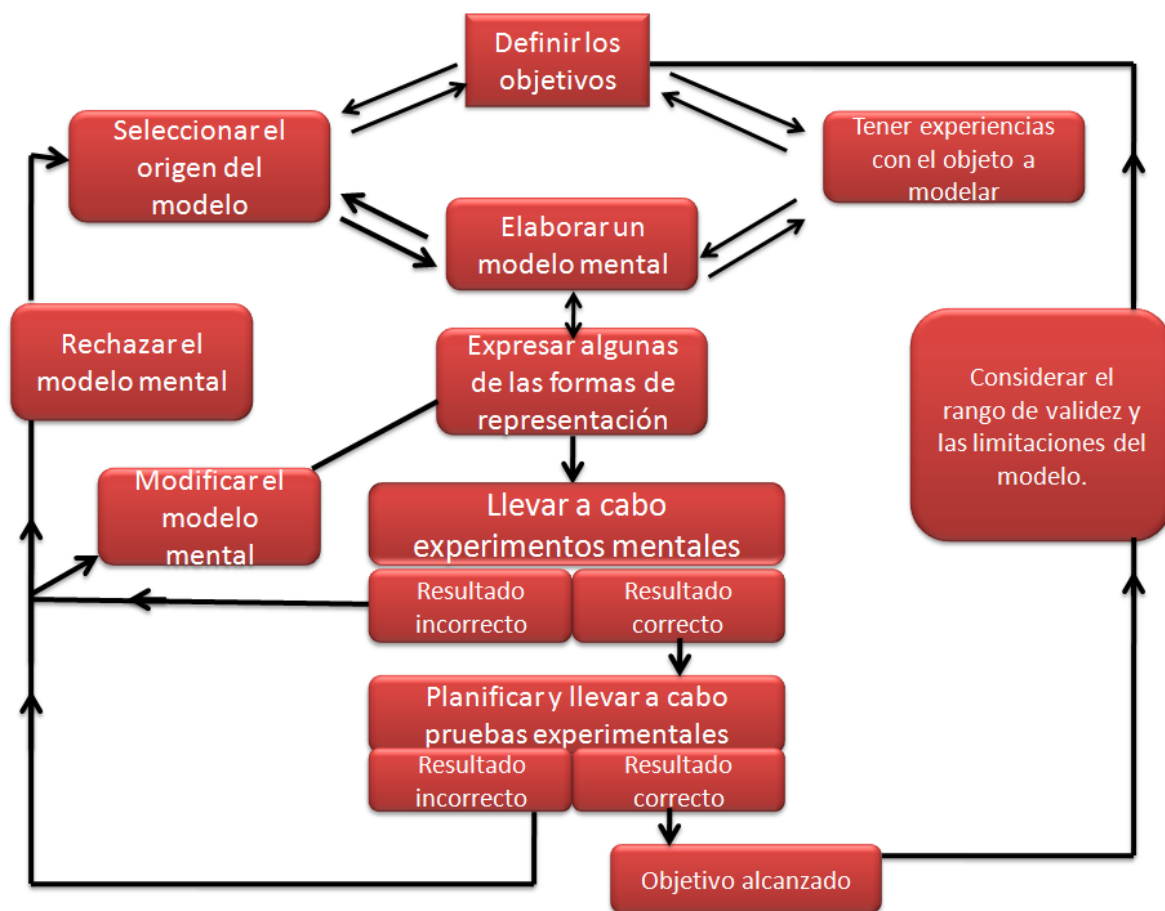


Figura N°1: Modelo para el proceso de construcción de modelos (Justi y Gilbert, 2002)

Con base en este modelo, en 2006 Justi realizó una propuesta para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización³, en la cual plantea una guía metodológica para implementar este modelo en la práctica docente, estableciendo las condiciones necesarias para ello. Las siguientes son algunas de las condiciones necesarias para la implementación de la propuesta de Justi.

- Los estudiantes deben tener una visión general sobre la naturaleza y el uso de los modelos.
- Deben implicarse en actividades de construcción de modelos.
- Deben aprender acerca de cómo y por qué algunos modelos científicos han sido elaborados.
- Realizar una discusión inicial en la que se den elementos requeridos posteriormente para la elaboración del modelo.
- También es importante que los estudiantes tengan una experiencia previa con el objeto a modelar, sean estas preexistentes o adquiridas en el momento mediante una introducción.
- Es necesario que el profesor conozca el nivel de conocimientos de los estudiantes, para saber si son una base sobre la cual comenzar la construcción del modelo, prever problemas de comprensión y hacer preguntas que generen un ambiente crítico entre los estudiantes.
- A nivel motivacional es importante que la elaboración del modelo tenga un sentido práctico para los estudiantes.
- Si la elaboración del modelo es sobre alguna entidad abstracta es recomendable que se realicen actividades experimentales relacionadas con

³ JUSTI, Rosaria. Enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas. Vol 24, Número 2. 2006. pp 173-184.

el fin de que los datos obtenidos durante las pruebas servirán como fuente de información para caracterizar dicho fenómeno.

- Debe tener lugar la búsqueda de posibles situaciones análogas y debe hacerse explícita la limitación o limitaciones de una analogía con respecto al objeto.
- Los estudiantes deben contar con diversos medios para representar sus modelos.

El proceso de modelización plantea que la estructura cognitiva del estudiante debe llevar a cabo un proceso de interacción con tres elementos que son el objeto a modelar, los objetivos de la modelización y los medios de expresión del modelo. Los modelos elaborados individualmente deben ser comunicados entre los estudiantes para elaborar un modelo consensuado y al final de esta construcción consensuada cada grupo revela su elaboración al resto de sus compañeros.

Como profesores durante la aplicación de esta unidad nuestra función debe ser:

- Favorecer la discusión sobre los códigos de representación.
- Favorecer la negociación de ideas entre los estudiantes.
- Favorecer situaciones en las que los estudiantes prueben sus modelos.

Todos estos elementos sin embargo, como lo mencionábamos anteriormente deben responder a una transversalidad con el resto de los planteamientos metodológicos. A continuación exponemos otro dominio de ideas referenciado para la realización de esta UD en el cual se habla del ciclo del aprendizaje, propuesto por Jorba y Sanmartí. Más tarde estas ideas y las anteriores serán retomadas para exponer la manera en que entendemos su cohesión.

Ciclo del Aprendizaje.

Dada la diversidad de actividades a las cuales se puede recurrir a la hora de planificar y aplicar una Unidad didáctica, surge la necesidad de realizar un análisis de estas en busca de lograr una categorización de ellas que nos ayude a determinar en qué momento del proceso de qué modo pueden ser aplicadas.

En términos generales esto fue lo que hicieron Jorba y Sanmartí ⁴ en el año de 1996 y a partir de esto lograron cristalizar un esquema que a manera de guía metodológica ha ayudado desde entonces a los maestros a plantear diversas actividades de intervención en el aula. Esta guía la conocemos mejor con el nombre de Ciclo del aprendizaje o Ciclo Didáctico.

En dicho ciclo se plantea un plan de acción de cuatro etapas; una etapa de exploración, una etapa de introducción de nuevos conocimientos, una etapa de estructuración y síntesis de estos conocimientos y una etapa aplicación y evaluación de los conocimientos adquiridos. Las particularidades de este modelo ya han sido abordadas en el primer capítulo de este volumen, así como en la obra de los autores. No obstante a continuación ofrecemos un esquema que describe en el contexto de nuestra UD el funcionamiento de dicho ciclo de aprendizaje.

⁴ JORBA, Jaume y SANMARTÍ, Neus. “Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua”: Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias naturales y matemáticas. Ministerio de educación y cultura. Barcelona, junio 1994

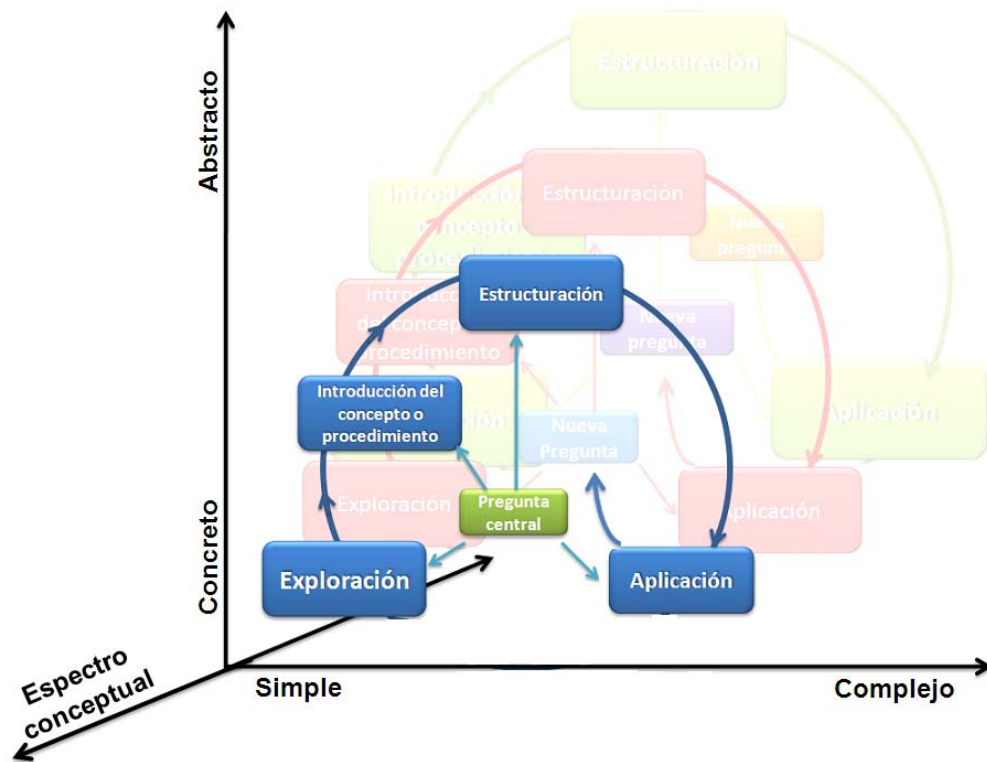


Figura N° 2: Adaptación del Ciclo didáctico de Jorba y Sanmartí, (1996) Por González y Grajales (2009)

Del análisis de este modelo en función de la propuesta de R. Justi se desprende el siguiente esquema que describe la posible secuenciación de actividades del ciclo didáctico durante la implementación de procesos de modelización para la enseñanza de las ciencias.

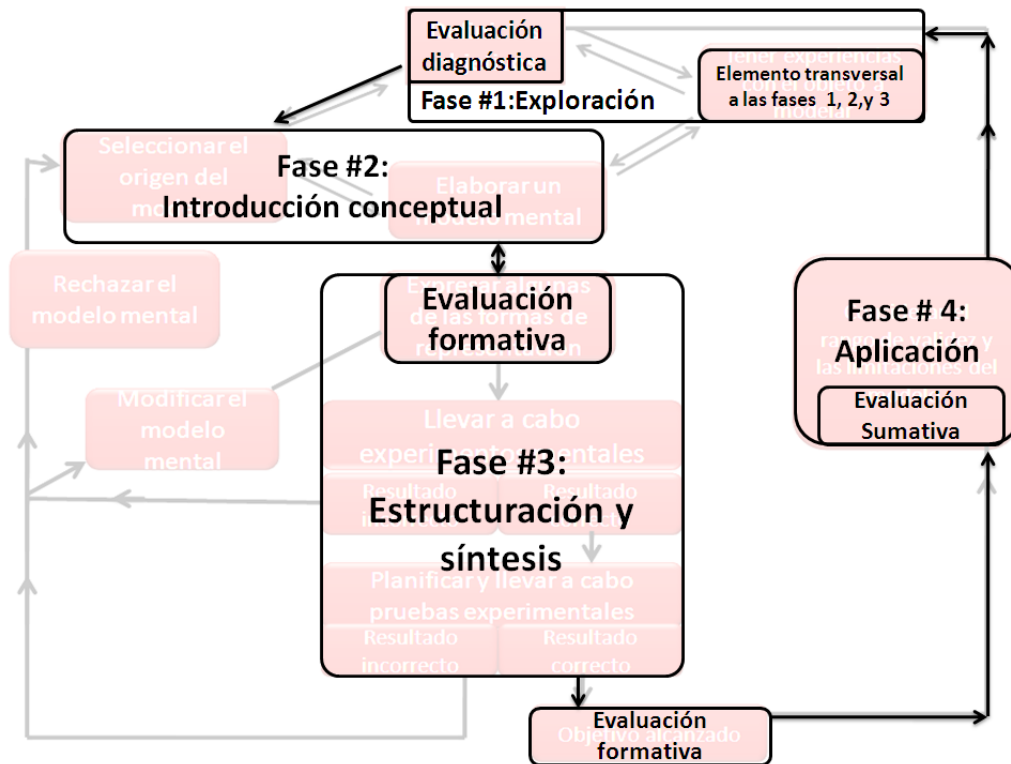


Figura N°3: Modelo para la implementación de procesos de modelización durante el ciclo didáctico

Perspectiva sistémica

Dentro de los planes escolares el concepto de ecosistema, al igual que muchos otros contenidos en ciencias naturales son tratados desde una perspectiva analítica, esto es, entendiendo cada parte del objeto por separado para formar un panorama general luego. Peor aún, los ecosistemas son presentados como entidades fragmentadas y lineales (recordemos el viejo esquema de la cadena alimenticia), simplificadas y ajenas a la realidad de los estudiantes. Esta perspectiva se muestra inadecuada para lograr un entendimiento de las dinámicas involucradas en un ecosistema en su verdadera magnitud, naturaleza y complejidad (Peisajovich, 2005).

Peisajovich propone que el estudio de los ecosistemas se realice teniendo en cuenta su verdadera naturaleza sistémica y la complejidad de las relaciones que se extienden entre sus elementos. De acuerdo a esto Peisajovich plantea ciertas características generales de los sistemas en general y propone que estas sean la base para el entendimiento de la naturaleza sistémica de los ecosistemas.

La perspectiva sistémica dentro de esta unidad didáctica es un elemento que se mueve entre lo metodológico, (el ¿cómo?) y lo disciplinar, (el ¿qué?), puesto que está determinando tanto los contenidos que se presentan en el aula como la manera en que estos deben ser presentados. De ahí la necesidad de elaborar esta propuesta de intervención basada en los dos marcos teórico-metodológicos anteriormente revisados.

Museos y educación.

El museo como institución de educación no formal tiene el potencial de ofrecer a las aulas regulares un espacio de contacto con objetos reales en diversos campos del saber. Sin embargo, para lograr un aprovechamiento de la institución museográfica es necesario identificar qué posibilidades ofrece la institución museográfica a la institución educativa desde su filosofía, su concepción del conocimiento y del aprendizaje y desde su dotación misma y la disposición de sus colecciones.

A partir de las reflexiones sobre las teorías del conocimiento y del aprendizaje George Hein logra desarrollar un modelo mediante el cual se puede categorizar la institución museográfica en cuatro categorías principales que nos dan una idea de las posibilidades que ofrece la institución para la enseñanza de contenidos

pertencientes a un área del saber determinada. Dicho modelo se describe a continuación.

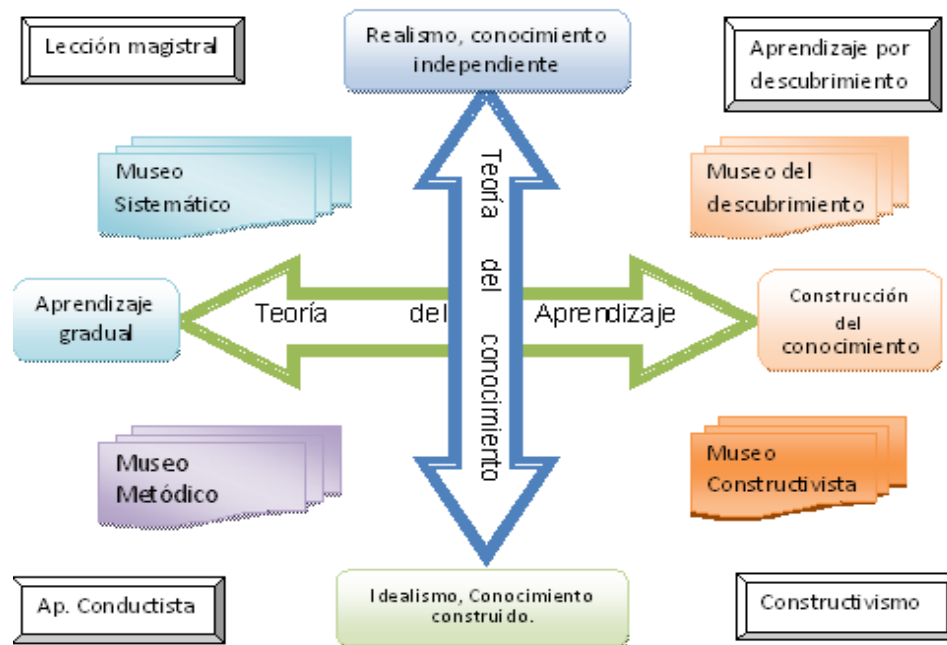


Figura # 4: Modelo de George Hein para la categorización de museos.

3. PRESENTACIÓN Y FICHA OPERACIONAL DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Tema principal: Dimensión sistémica de los ecosistemas en función de relaciones complejas.

Nivel en que se puede aplicar: Séptimo grado de Educación Básica (11 a 13 años).

Número de Estudiantes por curso: 35-40

Número de sesiones para el tratamiento de los contenidos: 20 horas

Número de horas asignadas a la asignatura: 3 horas semanales.

Materiales mínimos requeridos: Fotocopias, computador, video beam, zonas verdes, videos sobre biodiversidad, software (Inspiration Artificial Planet), Visita a museo de ciencias naturales.

Objetivo general

- Favorecer el desarrollo de un pensamiento científico que responda al carácter sistémico complejo de los sistemas naturales respecto de los procesos de flujo de energía y la calidad de los ecosistemas.

Objetivos específicos

- Posibilitar en el estudiante el reconocimiento de relaciones complejas entre los factores constituyentes de un sistema natural.
- Acercar los medios de representación usados por los estudiantes sobre los sistemas naturales al nivel de complejidad propio de estos sistemas.

Objetivo general de aprendizaje

- Reconozco la complejidad de los sistemas naturales y el papel activo que desempeño dentro de estos.

Objetivos específicos de aprendizaje

- Identifico los distintos elementos constituyentes de un sistema y los interpreto dentro del contexto de un ecosistema según sus funciones.
- Reconozco relaciones de intercambio de energía en los ecosistemas y los factores que las pueden alterar. (Bio-indicadores)
- Realizo modelos que representan las dinámicas involucradas en el funcionamiento de un ecosistema.

Contenidos conceptuales

- Generalidades de los sistemas y ecosistemas.
- El ambiente y el flujo de materia y energía.
- Biodiversidad y Bio-indicadores.

Contenidos procedimentales

- Capacidad para determinar elementos clave dentro del proceso de construcción de modelos explicativos.
- Planeación de actividades para abordar procesos con base en estos elementos clave.
- Formulación modelos explicativos posibles, con base en teorías y modelos científicos.

Contenidos actitudinales

- Reconocimiento del valor intrínseco de las distintas formas de vida y de los diferentes elementos de un ecosistema por su rol fundamental dentro de las dinámicas ambientales.
- Favorecimiento de una actitud crítica fundamentada en argumentos racionales.

Competencias para el área de ciencias

- **Identificar:** relaciones complejas entre los distintos elementos constituyentes de un sistema natural. Esta competencia se facilita principalmente en la salida de campo donde deben delimitar un ecosistema e identificar las categorías sistémicas mencionadas en la fase de

introducción. Sin embargo la adquisición de dicha competencia puede tener lugar en distintas fases de la intervención, tales como la de introducción o la de exploración.

- **Indagar:** cuales son los posibles factores que alteran el equilibrio de un ecosistema y qué medidas se puede tomar para evitar o reparar dichas alteraciones. El elemento reflexivo debe ser una constante durante toda la aplicación. Dicha discusión se inicia con la lectura en la fase de exploración y tiene lugar igualmente en la fase de introducción con la presentación en la cual se habla de la importancia de la biodiversidad y en la visita al museo, en la cual se puede hablar de bioindicadores de animales en peligro de extinción entre otros temas relacionados.
- **Explicar:** por medio de modelos las diferentes dinámicas involucradas en el funcionamiento de un ecosistema. Durante los procesos de modelización que tienen lugar en la UD los estudiantes podrán expresar sus modelos explicativos sobre el funcionamiento de los ecosistemas.

4. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

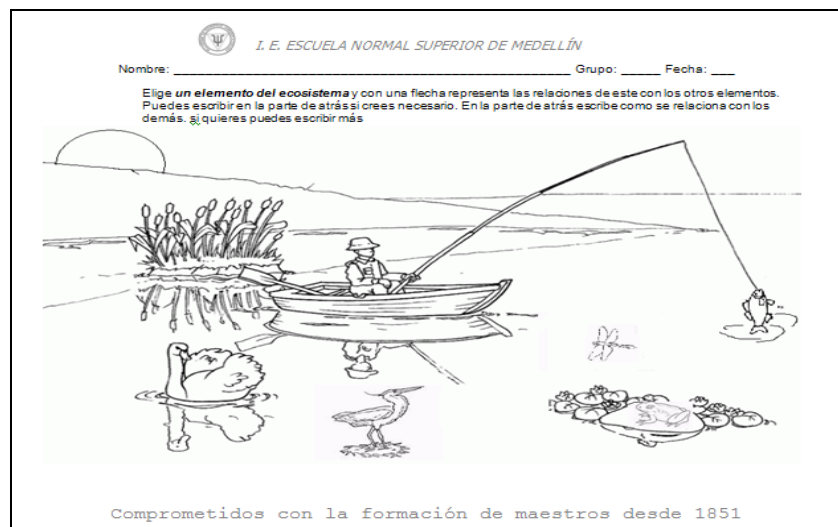
Como ya había sido mencionado, el devenir de la UD está enmarcado en los planteamientos sobre el ciclo del aprendizaje de Jorba y Sanmartí, (1996). De acuerdo con esto a continuación se describe en detalle la UD y cada una de las actividades que la componen.

4.1. ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN

4.1.1 ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN # 1: Relaciones dentro de un ecosistema. (30 minutos)

Se entrega a cada estudiante un formato con la imagen de un determinado ecosistema (Figura# 5) el cual en la parte de atrás tiene un esquema para ubicar un elemento del ecosistema y varias relaciones que este puede establecer con los demás elementos. Se le pide al estudiante que elija solamente uno de los elementos que ve en el dibujo y trate de establecer el mayor número de relaciones entre este elemento y los elementos de su entorno, representándolas con flechas y texto y explicándolas en el esquema del reverso.

A partir de esta actividad se espera obtener información sobre el punto de partida del estudiante respecto de la complejidad de las relaciones que percibe dentro del ecosistema, con el fin de ubicar posibles *Hot spots* en los cuales se deba hacer énfasis durante la fase de introducción.



I. E. ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MEDELLÍN

¿Con cuál se relaciona? ¿Cómo se relaciona?

¿Qué elemento escoges?

Si necesitas más cajones puedes hacerlos en una hoja adicional
¿Qué otras relaciones encuentras en el ecosistema que no queden descritas en el ecosistema?

Comprometidos con la formación de maestros desde 1851

Figura # 5: Formato para la actividad de exploración N° 2

4.1.2. ACTIVIDAD EXPLORATORIA # 2: ¿ME VENDES TUS GALLINAZOS? (30 minutos)

Los estudiantes realizan la lectura de un cuento llamado “¿Me Vendes Tus Gallinazos?” en el cual se relata la historia de un pueblo en el cual se ocasionó una gran emergencia sanitaria debido a que sus habitantes vendieron todos sus gallinazos. Luego de esto los estudiantes responderán un cuestionario corto con preguntas las cuales, la primera de ellas apunta a que el estudiante sea capaz de identificar en la lectura las causas de esta situación. La segunda pregunta indaga que el estudiante proponga una nueva situación y la última pregunta aboga para que el estudiante sea capaz de argumentar y explicar si creen que en los ecosistemas existe algún organismo que no cumpla ninguna función. A continuación se muestra la lectura presentada a los estudiantes.

¿ME VENDES TUS GALLINAZOS?⁵



Un forastero llega a San Antonio, uno de esos típicos pueblos de clima caliente, de señoras asomadas a los balcones y señores gordos en camiseta y sin mangas, sentados en bancas a las puertas de sus casas, escuchando música tropical a todo volumen. El forastero cruza el parque central bajo la sombra de los árboles frondosos y se dirige a la puerta de una casona que tiene un letrero que dice ALCALDIA. El forastero entra, sube al segundo piso por una escalera de madera, luego camina por un corredor y se dirige hacia una oficina marcada con un letrero DESPACHO DEL ALCALDE. La secretaria lo atiende, una señora de pelo gris, delgada y con anteojos, le explica que el alcalde está reunido hace un rato con el comisario, pero que si desea lo espere. Al rato sale el comisario con el alcalde y se despiden, luego la secretaria le informa al alcalde que un forastero lo está

esperando y entonces el alcalde lo invita a pasar al despacho. El alcalde es un hombre joven y sólo lleva tres meses ejerciendo el cargo.

Después de las cortesías y los saludos de rigor, el forastero va al grano y le dice al alcalde: "véndame unos gallinazos, Señor Alcalde". El Alcalde se sorprende, por supuesto. Pero el forastero le explica que al pasar por el matadero observó unos gallinazos grandes y gordos que le gustaron, que necesita unos y que por favor se los venda. El Alcalde piensa que el forastero debe de estar loco, aunque su aspecto parece normal. Le dice pues que no se los vende. Que escoja los que más le gustan y se los lleve. Así nomás: gratis (El alcalde piensa que no hay que gastar pólvora en gallinazos).

Pero el forastero insiste: que se los venda. Que cuánto valen. Al cabo de mucho rato de insistencias el alcalde llama a la secretaria para pedirle que haga llamar al secretario y también que averigüe en el pueblo a como está la libra de pollo y que calcule más o menos cuánto pesa cada gallinazo que el señor quiere y que bueno, allá él, que se los vendan entonces. Que cancele en la tesorería el valor correspondiente. El comisario comenta al alcalde que le deberían de vender a precio de pollo todos los buitres del pueblo y así se podrían hacer los arreglos que el pueblo necesita y efectivamente así se hizo.

LA EPIDEMIA

En la casona de la alcaldía de San Antonio, normalmente tranquila, hay una agitación

⁵ Adaptado de DUARTE, Jenny y otros. Cambios y Equilibrios Presentes en el Ecosistema: Algunas Representaciones en los Estudiantes de Octavo Grado. Universidad de Antioquia. Medellín, 2007. p 103.

tremenda. El alcalde que ya va a completar su tercer año de gobierno, se dirige apresuradamente al salón del Concejo Municipal, acompañado del secretario y del médico, Los Concejales también están alarmados: La epidemia de los animales muertos en el Municipio, cada vez adquiere dimensiones más graves. Los olores son insoportables. El aspecto de los cadáveres pudriéndose al sol y al agua no se puede aguantar más. La salud de los habitantes del Municipio, especialmente los niños, está amenazada, hay que tomar medidas urgentes. El alcalde se dirige a los concejales y a las demás personalidades del pueblo reunidas en la sala: Hay que contratar una cuadrilla de trabajadores que recorra todas las semanas el Municipio en busca de animales muertos y que los eliminen. Uno de los presentes propone quemarlos, pero otro alega que los costos del combustible son muy altos, otro dice que además el humero de las quemas sería un problema igualmente grave. Entonces otro propone enterrarlos, pero otros advierten que el trabajo de abrir fosas va a requerir demasiados jornales. Pero claro mientras no existan mejores opciones, habrá que enterrarlos. Entre el alcalde, los concejales y los presentes se ponen a calcular cuánto va a costarle al Municipio, solucionar así el problema. El secretario comienza a escribir en el tablero del salón

del concejo una lista de gastos extras que implicará poner a funcionar la cuadrilla de trabajadores. Cada uno comienza a aportar gastos y llegan a una suma muy elevada y alguien pregunta si es que antes no se morían los animales.

-Pues claro que sí. Dice otro.

- ¿Y entonces, quien los recogía?

-Pues los gallinazos. Contesta una Señora.

AHORA

1. Explica por qué crees que se formó la epidemia.
2. ¿De qué otro modo se podría lograr un efecto parecido?
3. ¿crees que hay algún animal que no cumpla ninguna función en algún ecosistema? ¿Cuál y por qué?
4. Escribe las palabras desconocidas y búscalas su significado.



4.2. ACTIVIDADES DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS CONOCIMIENTOS

4.2.1. ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN #1: Presentación; Ecosistemas, biodiversidad y bioindicadores (1 hora)

En esta presentación se debe incluir en primer lugar un capítulo en el que se expliquen las principales características de un sistema, tales como su estructura y sus funciones, cada uno con sus correspondientes componentes. Para esto se sugiere particularmente basarse en los planteamientos de Bárbara Peisajovich sobre los ecosistemas desde una perspectiva sistémica⁶.

Debe incluir también un capítulo en el cual se analicen dichos planteamientos sobre los ecosistemas dentro del contexto de un ecosistema, presentando ejemplos que ilustren y ubiquen dichos elementos dentro de un ecosistema.

En el siguiente capítulo se aborda el tema de la biodiversidad, en este capítulo se deben presentar algunas definiciones de este concepto desde diferentes posturas y a diferentes niveles, además de resaltar su papel como elemento fundamental en el buen funcionamiento de los sistemas naturales como un índice de salud relativa. Este capítulo puede realizarse por medio de videos presentados por medio de hipervínculos dentro de la misma presentación, lo cual excluiría la necesidad de realizar la actividad #2 de esta fase después de esta presentación. Por último debe incluirse un capítulo en el que se hable de los bioindicadores como elementos que nos pueden dar una idea de la salud relativa de los ecosistemas en función de su susceptibilidad a las alteraciones en los sistemas naturales.

⁶ PEISAJOVICH, Bárbara. “El enfoque sistémico: Una propuesta de Trabajo Para La Enseñanza Primaria”. Correo del Maestro Núm. 113, Octubre de 2005.

4.2.2. ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN #2: Videos; “Biodiversidad” y “La Importancia de la Biodiversidad” (15 minutos)

Se presentan a los estudiantes dos videos cortos (máximo 5 minutos cada uno) en los cuales se hable acerca del significado de la expresión biodiversidad en sus diferentes dimensiones (genética, de especies, de ecosistemas...) y la importancia que esta tiene para la sostenibilidad de los sistemas naturales y de las sociedades (entendiéndolas de igual manera como poblaciones constituyentes y afectadas por los sistemas naturales)

4.2.3. ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN # 3: Presentación sobre modelos en la ciencia y en la enseñanza (15 minutos)

En esta presentación debe mostrarse a los estudiantes un panorama general sobre la producción y utilización de los modelos en la ciencia. Debe incluirse elementos tales como sus características generales, sus limitaciones, sus posibles usos y algunas recomendaciones para su elaboración. En la figura # 6 presentamos un esquema que proponemos como guía para que los estudiantes planteen y realicen sus procesos de modelización.

Se sugiere que esta presentación se anexe al final de la presentación sobre ecosistemas, al igual que la presentación de los videos, para realizar toda la fase de introducción en una sola sesión pues de esta manera la secuenciación de los contenidos sería más efectiva. Sin embargo esto está sujeto a la disponibilidad horaria y solo se podría hacer en caso de contar con un bloque de dos horas seguidas. De lo contrario lo más recomendable es hacer cada actividad por separado.

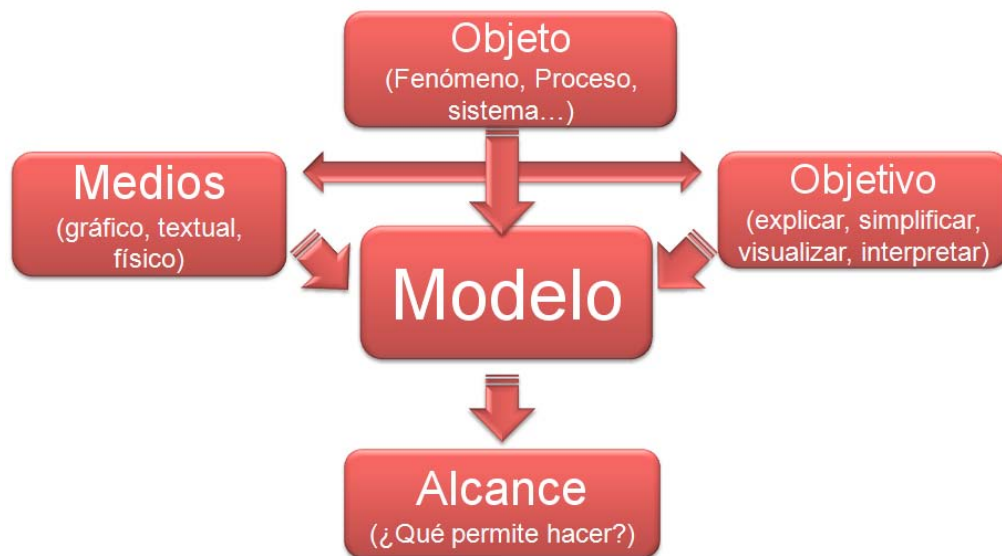


Figura # 6: Guía de estudiante para la realización de modelos

4.3. ACTIVIDADES DE ESTRUCTURACIÓN

4.3.1. ACTIVIDAD DE ESTRUCTURACIÓN # 1: Salida de campo (1 hora)

Los estudiantes recibirán una tabla en la que aparecen los componentes de un sistema descritos en la presentación sobre ecosistemas (Estructura: Límites, depósitos y redes de comunicación. Función: flujos, válvulas y altibajos de retroalimentación). Al salir a una zona verde (preferiblemente en las instalaciones de la IE) se pide a los estudiantes que delimiten un espacio como ecosistema e identifiquen los elementos que aparecen en la tabla dentro de dicho espacio.

Ecosistema		¿Qué elemento puede desempeñar este papel?
Estructura	Límites	
	Depósitos	
	Redes de comunicación	
Función	Flujos	
	Válvulas	
	Altibajos de retroalimentación	

Nombre: _____ Grado: _____ Fecha: _____

Comprometidos con la formación de maestros desde 1851

Figura # 7: Formato para la salida de campo

4.3.2. ACTIVIDAD DE ESTRUCTURACIÓN # 2: Charla de retroalimentación sobre la salida de campo (de 1 a 2 horas)

El profesor pedirá a los estudiantes que mencionen algunos de los ecosistemas que seleccionaron durante la salida y el grupo completo con ayuda el maestro deberá reconstruir dicho ecosistema e identificar cada uno de sus elementos con respecto a las categorías que aparecen en la tabla de la salida.

La duración de la actividad dependerá de la cantidad de ecosistemas que los estudiantes hayan delimitado. Es recomendable que se analicen al menos dos ecosistemas para poder mostrar varias opciones y ejemplos para cada categoría.

4.3.3. ACTIVIDAD DE ESTRUCTURACIÓN # 3: Visita al museo. (2 horas)

Acorde con los planteamientos del modelo unificado antes presentado, es conveniente que los estudiantes tengan contacto con el objeto a modelar por distintos medios y en distintas etapas del ciclo de aprendizaje. Un medio interesante para que los estudiantes tengan contacto con los elementos de un sistema natural sería la visita a un museo con montajes relacionados con la vida silvestre o la biodiversidad (podría tratarse incluso de un zoológico).

Sin embargo un caso muy probable es que en el museo no hayan montajes diseñados precisamente para facilitar la enseñanza de los ecosistemas, mucho menos desde una perspectiva sistémica. La recomendación en este caso es hacer conscientes a los estudiantes de esta dificultad y analizar los montajes desde la consciencia de dicha dificultad y planeando estrategias para que la experiencia sea significativa dentro del contexto de los ecosistemas.

Se recomienda a los maestros realizar una visita previa al museo para observar los montajes y determinar posibles potenciales de estos para explicar conceptos relacionados con el tema de los ecosistemas, produciendo una guía a manera de “guión” con el fin de reducir al máximo la improvisación al explicar los montajes y articular un discurso que potencie la enseñanza del tema en cuestión.

Se recomienda igualmente al maestro generar un espacio para discutir con los estudiantes algunos aspectos sobre la visita al museo, tales como algunas reglas de comportamiento, las características del montaje y las actividades que se llevarán a cabo con la información obtenida. Para el caso particular de esta unidad didáctica se plantea la realización de un informe cuyas características se explican con detalle en las actividades de aplicación.

4.4. ACTIVIDADES DE APLICACIÓN

4.4.1. ACTIVIDAD DE APLICACIÓN # 1: Modelización por medio del software Inspiration. (2 horas)

Por medio de un software llamado Inspiration, el cual permite realizar esquemas con imágenes, texto y diversas formas de vinculación entre los elementos, los estudiantes realizarán un modelo de un ecosistema determinado en el cual deberán expresar las dinámicas de un ecosistema en sus diversas dimensiones.

Este es un Software de descarga gratuita con un periodo de prueba de 30 días. Se recomienda realizar una sesión previa en la cual los estudiantes tengan la posibilidad de familiarizarse con el software, su funcionamiento y sus distintas aplicaciones.

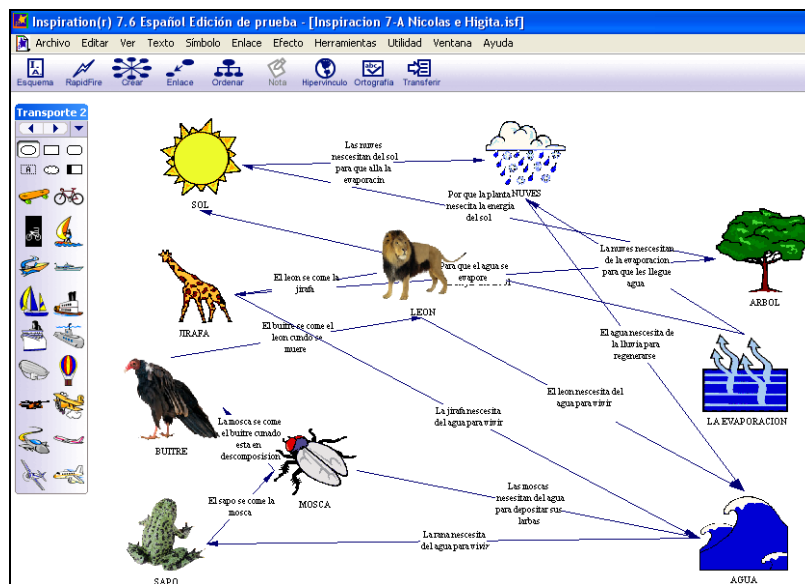


Figura # 8: Actividades de modelización por medio del software Inspiration

4.4.2. ACTIVIDAD DE APLICACIÓN # 2: Reestructuración del museo (3 horas)

En grupos de cuatro personas los estudiantes de acuerdo con lo observado en la visita al museo realizarán una propuesta de organización de los montajes con la cual consideren que se podría explicar mejor el concepto de ecosistema. Pueden utilizar tanto texto como dibujos. Las elaboraciones serán socializadas con el resto del aula en la clase siguiente.

4.4.3. ACTIVIDAD DE APLICACIÓN # 3: Experimentación por medio del software Artificial Planet (Actividad extraescolar)

Esta es una actividad opcional para los estudiantes que cuenten con la posibilidad de un computador en casa. El software Artificial Planet es un desarrollo de las investigaciones en inteligencia artificial. Es un material de descarga libre y consta de un planeta “en blanco” al cual el estudiante le añadirá características tanto geográficas como climatológicas y biológicas. El estudiante variará las condiciones añadiendo nuevos organismos y generando alteraciones tanto antrópicas (contaminación, caza) como naturales (terremotos, inundaciones, incendios...) y de acuerdo con esto el planeta evolucionará tomando decisiones inteligentes con respecto a las condiciones del ambiente.

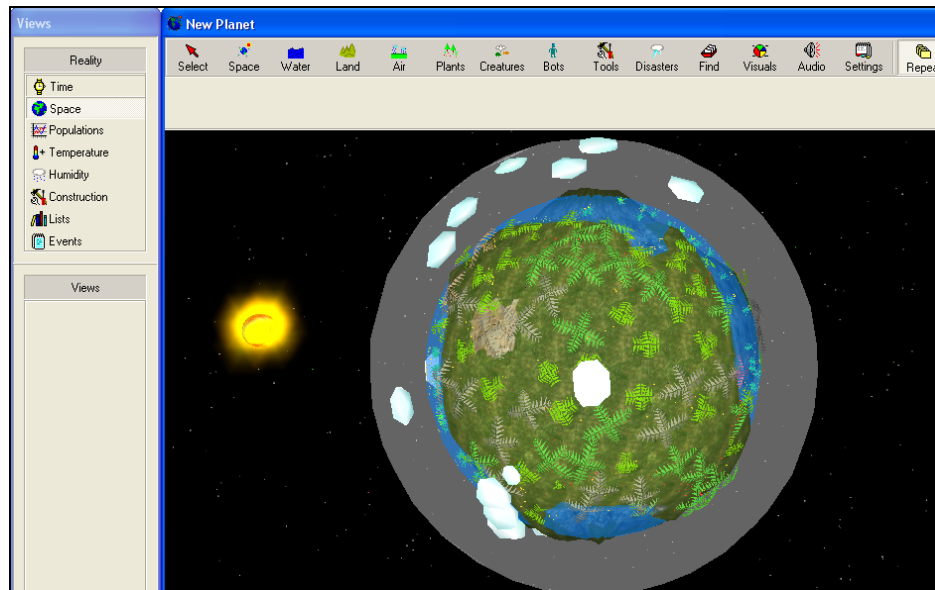


Figura # 9: Simulación de las condiciones de un planeta por medio del software Artificial Planet

5. REFERENCIAS

- Czerwonogora, A. (2003). ¿Qué sistema es el ecosistema? Una mirada a la naturaleza desde la Enseñanza para la Comprensión (EpC) en primaria en el Instituto Arier Hebreo Uruguayo [versión electrónica]. *Revista Alternativas, Espacio Pedagógico*, 33 (8), 129-136. San Luis, Argentina.
- Gilbert, J.K. Justi, R. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 11(25), 1369-1386.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modeling: Routes To more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (2), 115-130.
- Greca, I. M. Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales, Modelos Conceptuales Y Modelización. *Cad.Cat.Ens.Fis.*, 2 (15), 107-120.

Hein, G. E. (1995). The constructivist museum [versión electrónica]. *Journal of Education in Museums*, 15, 1-15. Tomado, Reino Unido. Extraído Agosto, 2004, de la página web de The Group for Education in Museums: <http://www.gem.org.uk/pubs/news/hein1995.html>

Johnson-Laird, P. N. (2001). *Human reasoning and rationality*. A paper. Ponencia presentada en the International Symposium on Foundations and the Ontological Quest: Prospects for the New Millennium. Cognitive Sciences Section at The Pontifical Lateran University, The Vatican.

Jorba, J., Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua: Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias naturales y matemáticas*. Barcelona: Ministerio de educación y cultura.

Justi, R. (2006). Enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2 (24), 173-184.

Peisajovich, B. (2005). El enfoque sistémico: Una propuesta de trabajo para la enseñanza primaria. *Correo del Maestro*, 113. Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/octubre/nosotros113.htm>

Peisajovich, B. (2005). La modelización de la enseñanza de las ciencias naturales, una propuesta de la construcción de modelos científicos para la escuela primaria. *Correo del Maestro*, 107. Extraído el 18 de Noviembre, 2008, de <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/abril/nosotros107.htm>