

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA



**LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN
DE CADENAS ALIMENTICIAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A :

LUIS FERNANDO SHUNTA COCHA

DIRECTOR: DR. RIGOBERTO LEÓN SÁNCHEZ

REVISOR: MTRO. GERMÁN ÁLVAREZ DÍAZ DE LEÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Todo lo que este trabajo representa está dedicado:

Axel Wilhelm Werner Boving

A Frau Margarita Gräf

A Letty Martínez

A mi amigo de siempre Carlos Jiménez Carreño

A mi hermana Mónica Alexandra Shunta

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México. Por haberme permitido ser parte de tan prestigiosa institución. Gracias por enseñarme que la educación e investigación son los mejores caminos para evolucionar constructivamente como personas y sociedad.

Al personal de la biblioteca del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM por su colaboración en el acceso y adquisición de los artículos de investigación que enriquecieron la presente obra.

A la Dra. Leticia Gallegos Cázares, investigadora del CCADET, por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo. Lety: muchas gracias por su amistad, confianza, enseñanzas y sobre todo por compartir sus conocimientos y experiencias con mi persona. Sin su apoyo, este trabajo no hubiera sido posible. ¡Infinitas gracias!.

Al Dr. Rigoberto León Sánchez por su interés, paciencia y apoyo en la elaboración de esta Tesis.

Al Mtro. Germán Álvarez Díaz de León por sus valiosos comentarios y correcciones que enriquecieron y mejoraron esta obra.

Al Maestro Humberto Zepeda Villegas por asesoría en el análisis estadístico de los resultados.

A Beatriz Eugenia García Rivera por su valiosa revisión de los conceptos de ecología.

A la profesora Rocío Alpizar Juárez, directora de la escuela “Emma Godoy” por permitirme realizar mi investigación con todas las facilidades que estuvieron a su alcance. ¡Gracias por su apoyo!

A las Maestras, niños y niñas de primero, segundo y tercer grado de la escuela “Emma Godoy” por su colaboración, disposición y paciencia. Sin Ustedes, las aportaciones de este trabajo no hubieran sido posibles. ¡Muchas gracias!

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	6
Capítulo Primero	8
Ideas previas	8
Características de las ideas previas	10
Teoría del conocimiento en fragmentos	21
Principios heurísticos para identificar p-prims	27
Propiedades de los p-prims	30
Capítulo Segundo	37
Investigaciones sobre cadenas alimenticias	37
Tamaño de los organismos	38
Organismos productores	39
Concepción de flujo y transferencia de energía	40
Organismos descomponedores	42
Modificaciones poblacionales	43
Relaciones predador-presa	45
Roles de los organismos	46
Juicios antropocéntricos y teleológicos	47
Actitudes hacia algunos organismos	48
Revisión de los libros de textos de ciencias naturales editados por la SEP de primero, segundo y tercer grado de primaria	51
Estudio sobre las ideas previas de los niños en la construcción de cadenas alimenticias	55
Planteamiento del problema de investigación	55
Justificación	55
Preguntas de investigación	56
Objetivos	56
Hipótesis de investigación	57

	Pág.
Método	57
Sujetos	57
Instrumento	57
Procedimiento	59
Resultados	63
Primera Tarea: reconocimiento de animales herbívoros y carnívoros	63
Segunda Tarea: preferencias en relaciones predador-presa	66
Tercera Tarea: construcción de cadenas alimenticias	73
Análisis estadístico de la Tercera Tarea	75
Análisis de las explicaciones de los participantes para formar cadenas alimenticias:	77
<i>Cadena alimenticia marina</i>	77
Respuestas correctas	78
Respuestas invertidas	79
Respuestas incorrectas	82
<i>Cadena alimenticia terrestre 1</i>	84
Respuestas incorrectas	85
<i>Cadena alimenticia terrestre 2</i>	96
Respuestas correctas	97
Respuestas invertidas	98
Respuestas incorrectas	100
Tarjetas con dos animales herbívoros y dos animales carnívoros	108
Conclusiones y Discusión	110
Limitaciones prácticas	123
Alcances e implicaciones del estudio	126
Referencias	128
Anexo 1: Instrumento para formar cadenas alimenticias	133
Anexo 2: Guía de entrevista	136

RESUMEN

Este trabajo se enfocó en tres aspectos: primero, conocer si los niños de primero a tercer grado de primaria construían cadenas alimenticias con base en primitivos fenomenológicos; segundo, conocer si existían diferencias estadísticamente significativas en la formación de cadenas alimenticias entre los tres grados y, tercero, se indagaron las ideas previas que los estudiantes utilizaron para ello. Participaron ochenta y seis niños entre seis y ocho años de edad de primero, segundo y tercer grado de una escuela primaria pública de la Ciudad de México. Se aplicó un instrumento que constó de tres tareas: 1. clasificar animales herbívoros y carnívoros, 2. relacionar predadores con presas y 3. construir tres tipos de cadenas alimenticias: una cadena marina y dos cadenas terrestres. Posteriormente, se entrevistó a ocho participantes por cada grado escolar. Los estudiantes de los tres grados pudieron clasificar animales carnívoros y herbívoros, establecieron relaciones predador-presa con base en el tamaño de la presa, la ferocidad de los predadores y las ideas previas que manejan. Se identificaron, también, siete relaciones preferenciales predador-presa. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tres grados en la formación de las cadenas alimenticias marina ($p < .089$) y terrestre 1 ($p < .181$), pero sí en la cadena terrestre 2 ($p > .000$) por lo que se aceptó la hipótesis nula de investigación. Los escolares construyeron cadenas alimenticias correctas, incorrectas e invertidas a través de eslabones aislados o interrelacionados que incluían dos o más organismos por medio de relaciones predador-presa y con base en el parámetro “quién se come a quién”. Iniciaron las cadenas identificando al organismo del nivel trófico más alto y terminaron con el organismo del nivel trófico más bajo, ordenando los organismos por tamaños jerárquicos. Se identificaron cuatro primitivos fenomenológicos y diversas ideas previas que guiaron la construcción de cadenas las alimenticias.

INTRODUCCIÓN

Es del conocimiento público el conjunto de dificultades que enfrenta la enseñanza de las ciencias ya sea durante la formación básica o, incluso, en los primeros años de las carreras universitarias. Cuando se enseña física por ejemplo, es impresionante la gran cantidad de estudiantes que después de la educación recibida no dominan los conceptos básicos de esta ciencia y no adquieren las habilidades intelectuales esperadas o necesarias para el aprendizaje y análisis de las cuestiones examinadas (Valdés y Valdés; 1999).

En las últimas tres décadas, sin contar con el tiempo en que Jean Piaget hizo sus trabajos, se han realizado numerosas investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias para identificar los problemas o barreras que enfrenta el aprendizaje, comprensión y asimilación de conceptos y teorías científicas por parte de los estudiantes (Giordan, 1987; Solomon, 1998; Sebastiá, 1989; Flores y Gallegos, 1993; Flores, 1994; Pessoa de Carvalho, 1998; García, 1998; Krnel y cols., 1998; Macías y Maturano, 1999; Hirschfeld y Gelman 2002a y b; García, 2003; Pessoa de Carvalho, 2004).

Algunos trabajos han encontrado que ciertos problemas se originan en la interacción maestro-alumno, debido al uso del lenguaje de las ciencias (Llorens y cols., 1989; 1987), en el desarrollo y contextualización social de la epistemología del proceso de aprendizaje de la física (Valdés y Valdés, 1999), en el uso de analogías y metáforas (Duit, 1991), en las ideas previas o preconcepciones (Flores y Gallegos, 1993), etc. Todos estos trabajos tienen en común la identificación de un problema general con respecto al impacto de la enseñanza formal en los conceptos de la ciencia: la duración y la resistencia de que a pesar de años de educación formal no se produce un cambio de muchas y diversas ideas, conceptos y conocimientos previos no científicos que los alumnos llevan al salón de clases.

Las maneras de considerar esos conocimientos o ideas previas difieren principalmente en dos puntos: si son *coherentes* en su estructura interna y en su forma de ser aplicadas a distintos fenómenos (corte teórico) o si *no lo son*. En el primer caso, se ha propuesto que el aprendizaje sería un proceso de *reemplazo* de ideas previas por conocimientos expertos apropiados. Se ha planteado incluso que los conocimientos previos deben ser *eliminados* porque no tienen un rol productivo en el proceso de aprendizaje. De esa manera, las ideas previas son concebidas como “errores” que impiden y dificultan el aprendizaje y se hace énfasis en la discontinuidad de tales ideas entre el estudiante novato y el experto. En el segundo caso, se ha planteado que las ideas previas no son de corte teórico, que tiene raíces profundas, son productivas, constantes y que juegan un rol productivo tanto en estudiantes novatos como en expertos en diferentes contextos y condiciones. Ahí, el punto no es eliminar o sustituir las ideas

previas por conceptos expertos, sino identificar y observar los cambios profundos y complejos que sufren en el proceso de aprendizaje (Smith y cols., 1993).

Las formas de concebir y tratar las ideas previas han tenido implicaciones importantes para el desarrollo de diferentes teorías sobre el *cambio conceptual* (Smith y cols., 1993; diSessa y Sherin, 1998; diSessa, 2002; Carey y Spelke, en Hirschfeld y Gelman, 2002a; Duit y Treagust, 2003). Según Smith y cols. (1993) una de las principales tareas de los investigadores educativos es documentar los conocimientos previos en la mayor cantidad de dominios posibles. En ese sentido, el presente estudio pretende conocer las ideas previas que estudiantes de primero, segundo y tercer grado de primaria, entre 6 y 8 años de edad, utilizan para construir cadenas alimenticias. Asimismo, desde la *teoría del conocimiento en fragmentos* de diSessa (1993) se quiere conocer si en dichas ideas previas existen *primitivos fenomenológicos* (en corto “p-prims”) que son “abstracciones relativamente simples y usualmente abstraídas de experiencias comunes” (diSessa y Sherin, 1998, p.1177). Si ese fuera el caso, se quiere saber qué p-prims son. También se quiere conocer si existen diferencias estadísticas significativas entre los estudiantes de los tres grados en la formación de cadenas alimenticias. Para todo esto, se aplicará un instrumento para formar cadenas alimenticias creado por Gallegos y cols. (1994) en los tres grados educativos y, a fin de conocer las razones detrás de las respuestas obtenidas en dicho instrumento, se entrevistarán a ocho participantes de cada nivel escolar. El presente estudio es relevante porque indagará las ideas previas relacionadas con cadenas alimenticias en los primeros niveles de educación básica que, en general, han sido poco exploradas y contribuirá al *corpus* de conocimiento de la enseñanza de las ciencias.

En la primera parte de esta obra iniciaremos con una descripción de las ideas previas, seguiremos con ciertos aspectos relevantes para esta investigación de la teoría de diSessa (1993) y expondremos una serie de resultados de investigaciones sobre cadenas alimenticias realizadas con estudiantes de diferentes niveles educativos y partes del mundo. Después, expondremos algunos conceptos relacionados con cadenas alimenticias que manejan los libros de texto utilizados por los escolares estudiados a fin de indagar si tales conceptos juegan algún rol en sus ideas previas. En la segunda parte de esta obra presentaremos el método a seguir para lograr nuestros objetivos. Continuaremos con los resultados obtenidos que se ilustran con algunos fragmentos de entrevistas y, finalmente, expondremos las conclusiones y la discusión de los datos obtenidos en la presente investigación.

CAPÍTULO PRIMERO

IDEAS PREVIAS

Antes de llegar a la escuela, los estudiantes ya poseen una serie de ideas sobre diferentes temas que se les enseñarán formalmente. Si se habla de mecánica tienen muchas ideas sobre movimiento, dirección, velocidad, etc., que les ayudan a tener un manejo eficaz de su propia realidad. En la vida diaria el alumno no sólo es capaz de conocer y aprender a través de hacer cosas como saltar, lanzar objetos, dejarlos correr en una dirección, ver cómo caen y más, sino que también es capaz de formular y dar explicaciones, correctas o no, sobre su interacción con el mundo. En algunos casos las explicaciones incorrectas que se dan pueden originarse por la “popularización” de términos científicos que se distorsionan y emplean sin conocerlos realmente. Carlos Guillén (en García, 1998) comenta:

“ni venimos del mono, ni los hoyos son hoyos, ni los virus son animales. Estos y muchos otros errores de transmisión del conocimiento científico, sólo pueden remediarse en la medida en que seamos capaces de identificar los elementos estructurales de un concepto” (p.12)

Han sido muchos los nombres que se han dado a las ideas o conocimientos de los estudiantes relacionadas con temas científicos. Por ejemplo, Lewis y Linn (2003) las llaman *concepciones intuitivas* para referirse a ideas desarrolladas como el resultado de la interacción con el mundo natural; Bar y Travis (1991) las llaman *concepciones erróneas* al referirse a elecciones equivocadas de test de opción múltiple sobre conceptos científicos formales aprendidos pero no entendidos; Pozo (2002) las nombra *conceptos espontáneos* que surgen de la actividad cotidiana, de la interacción espontánea con el entorno, que sirven para “predecir” la conducta de ese entorno y están limitadas por la capacidad perceptiva de las personas; Hogan y cols. (1996) las llaman *concepciones alternativas* o *concepciones previas* para referirse a que los niños y los científicos tienen visiones alternativas acerca de un fenómeno científico.

El nombre acuñado a tales ideas depende del marco teórico de cada autor. Sin embargo, se ha planteado que las diferentes formas de describir las ideas de los chicos pueden tener influencia en decisiones educativas. Hogan y cols. (1996) comentan que describir a las ideas de los niños como “concepciones erróneas” puede implicar que éstas sean vistas como barreras en la educación que requieren de una reestructuración radical. En cambio, si se las conciben como visiones alternativas acerca de un mismo fenómeno científico, entonces éstas pueden contribuir a la construcción del nuevo conocimiento. De igual manera Smith y cols.

(1993) comentan que al concebir a las ideas de los niños como “conceptos erróneos” se hace excesivo hincapié en la discontinuidad que existe entre los alumnos y los científicos expertos. Dichos autores encontraron que algunos expertos formulan explicaciones de manera muy diferente a los novatos. No obstante, cuando se pide a los expertos justificaciones de sus explicaciones recurren a las mismas ideas primitivas utilizadas por los alumnos. Así, el conocimiento intuitivo actúa igual en expertos y novatos (véase también la investigación de Lewis y Linn, 2003). Nosotros, y siguiendo la propuesta de Flores (2004), las llamaremos *ideas previas* ya que este término hace referencia a una concepción que no ha sido todavía transformada por la acción escolar.

Con las ideas previas el estudiante construye *teorías* acerca del por qué de los fenómenos a partir, en algunos casos, de las experiencias cotidianas en su medio social. Por esto, en el proceso de aprendizaje es importante que la escuela conozca cuáles son las ideas previas de los alumnos para que, a partir de ellas, la enseñanza tenga su punto de inicio y sean modificadas progresivamente a través del nuevo conocimiento; si esto no sucede, entonces se puede proporcionar la coexistencia en los alumnos de dos sistemas explicativos paralelos: uno que será utilizado en situaciones escolares y otro que resurgirá con tenacidad cuando la situación sea menos “escolar” (Giordan, 1987; Flores, 1994).

El conocimiento de las características de las ideas previas en diferentes áreas de aprendizaje ha ayudado a facilitar el trabajo de los maestros en la enseñanza de las ciencias con el fin de favorecer y propiciar un *cambio conceptual*¹ en los alumnos; por ejemplo, ayudan al profesor a saber desde dónde partir en su enseñanza para determinar las posibles dificultades a enfrentar a lo largo del curso. En ese sentido, Giordan (1987) considera que las concepciones alternativas deben servir como indicadores que permitan al profesor autorregular la práctica pedagógica dependiendo de los problemas planteados y los objetivos a conseguir. En la comprensión de textos científicos el estudiante debe actuar intencionalmente y poner en juego habilidades y conocimientos previos sobre el contenido del texto, esto es: debe realizar inferencias, representaciones mentales, elaboraciones, etc., sobre lo que está leyendo. De esta manera, la comprensión de este tipo de textos consistiría en la reelaboración de los conocimientos integrados con los conocimientos previos (Macías y Maturano, 1999).

¹ Entre algunas posiciones para Carey y Spelke (en Hirschfeld y Gelman, 2002a) el cambio conceptual “consiste en diferenciaciones conceptuales tales que el concepto madre no desempeña ningún papel en las teorías subsiguientes y se crean nuevas categorías ontológicas. Implica un cambio en los principios básicos que definen las entidades propias del dominio y gobiernan el razonamiento acerca de esas entidades. Conducen a la aparición de nuevos principios, inconmensurables con los viejos, que exploran el mundo en sitios diferentes” (p.257).

Características de las Ideas Previas

Algunas características relevantes son (Flores, 2004):

- Los estudiantes llegan a las clases de ciencia con un conjunto diverso de ideas previas relacionadas con fenómenos y conceptos científicos.
- Las ideas previas de los estudiantes se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.
- Las ideas previas son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos los estudiantes no llevan a cabo una "toma de conciencia" de sus ideas y explicaciones.
- Las ideas previas que corresponden a conceptos y no a eventos, se encuentran, por lo general, indiferenciadas, es decir, presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas. (Un ejemplo de este caso son las ideas previas en torno a los conceptos de presión y fuerza).
- Las ideas previas son generadas a partir de procesos donde los cambios son muy evidentes, mientras que los aspectos estáticos pasan, usualmente, desapercibidos.
- Buena parte de las ideas previas son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo, en el cual, el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa.
- Las ideas previas en un mismo alumno pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes (por ejemplo aire y agua).
- Las ideas previas no se modifican por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia.
- Las ideas previas guardan ciertas semejanzas con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.
- Los orígenes de las ideas previas se encuentran en las experiencias de los sujetos con relación a fenómenos cotidianos, en la correspondencia de interpretación con sus pares y en la enseñanza que se ha recibido en la escuela.
- Los profesores, frecuentemente, comparten las ideas previas de los alumnos.

- Las ideas previas interfieren con lo que se enseña en la escuela teniendo como resultado que el aprendizaje sea deficiente, con importante pérdida de coherencia.
- Es posible modificar las ideas previas por medio de estrategias orientadas al cambio conceptual

Las ideas previas no se han considerado como un fin en la investigación educativa en sí mismas, sino que su estudio se ha dirigido más bien al rol que juegan en el aprendizaje de teorías y conceptos científicos y en el proceso de cambio conceptual. Respecto a éste último las investigaciones tienden a situarse en dos campos: las que sostienen que el desarrollo del conocimiento de la ciencia en los niños, como un fenómeno de desarrollo y de aula, es muy similar a los procesos de *cambio teórico en la ciencia* (Smith y cols., 1997; Carey y Spelke, en Hirschfeld y Gelman, 2002a; Gopnik y Wellman, Hirschfeld y Gelman, 2002b) y, por otro lado, están las que respaldan una visión del conocimiento mucho más ceñida al contexto y a una visión del cambio conceptual en consecuencia más progresivo y mensurable (Driver y cols., 1985; Stavy, 1990; Gallegos y cols., 1994; diSessa, 1993; Palmer, 1999; Southerland y cols., 2001).

Respecto al primer campo tenemos principalmente las aportaciones de Susan Carey (en diSessa y Sherin, 1998) quien hace un repaso de dos fuentes de literatura: la primera inicia con la discusión de la literatura respecto al cambio de novato a experto respecto al aprendizaje de la física. Describe cómo algunos conceptos erróneos del alumno son reemplazados por creencias más expertas. Por ejemplo, el concepto erróneo “no hay movimiento sin una fuerza” sería reemplazado por la creencia experta “no hay aceleración sin una fuerza”. El cambio aquí se debería entender como un cambio en las *relaciones* entre los conceptos que aparecen en estas creencias. Conceptos como *fuerza*, *movimiento* y *aceleración* permanecerían sin cambios en el camino de novato a experto: simplemente estarían relacionados en nuevas formas. Los estudiantes generan nuevas creencias y siguen a aquellas que son un tipo de relación. Pero estas creencias serían creencias acerca de los mismos conceptos.

En segundo lugar Susan Carey y Elizabeth Spelke (en Hirschfeld y Gelman, 2002a) revisan la *historia de la ciencia*, relacionada con los trabajos de Thomas Kuhn, Pierre Duhem, Nersessian N.J., entre otros. El punto central aquí es la correspondencia que se hace entre las ideas de los niños y las de los antiguos científicos asociadas a la noción de cambios revolucionarios de paradigmas. Es decir, se trazan paralelismos explícitos entre las revoluciones científicas de algunos científicos antiguos y el cambio conceptual de los estudiantes. Carey y Spelke hacen una descripción de las reflexiones formales que ayudaron a

científicos como Maxwell y Galileo en el proceso de cambio conceptual. Los *mecanismos del cambio conceptual* que presentan son *correspondencias entre dominios, analogías físicas, experimentos mentales y análisis de casos límite*. Un ejemplo de los últimos dos mecanismos es el famoso experimento mental de Galileo que demostró que los objetos más pesados no caen más rápido que los más livianos:

“Galileo imaginó dos objetos, uno grande y pesado y otro pequeño y liviano, ambos en caída libre. Según la física aristotélica y escolástica el objeto más pesado debía caer más rápido. Galileo imaginó entonces a ambos objetos unidos por una varilla extremadamente fina, conformando un objeto compuesto. Este *experimento mental* sugiere dos resultados contradictorios: 1) que el objeto compuesto es todavía más pesado y que, por lo tanto, debe caer aún más rápido y 2) que la menor velocidad del objeto pequeño dificulta la velocidad del objeto más grande, por lo cual el objeto compuesto ¡debe caer más lentamente!. Para resolver esta contradicción, Galileo prosiguió con la construcción de un análisis de *caso límite* respecto del medio en el cual los objetos caen. Llegó a la conclusión de que en el vacío todos los objetos caen a la misma velocidad. Este experimento mental y el análisis de un caso límite desempeñaron un papel importante en la construcción de una concepción diferenciada y detallada del peso” (Carey y Spelke, en Hirschfeld y Gelman, 2002a, p.262).

Por su parte, Gopnik y Wellman (en Hirschfeld y Gelman, 2002b) plantean que las concepciones que tienen de la mente los niños pequeños son teorías implícitas y que cambios en estas concepciones, son cambios en la teoría. Según la hipótesis del planteamiento conocido como “la teoría de la teoría” existen profundas semejanzas entre los mecanismos cognitivos subyacentes comprometidos en las tareas epistemológicas propias de la infancia y propias de la ciencia. Así, Gopnik y Wellman consideran que el avance de la ciencia refleja ciertos procesos fundamentales de cambio conceptual que se pueden observar en los niños muy pequeños.

Por otro lado, algunos científicos cognitivos asumen que el pensamiento del mundo de los niños está organizado en *dominios coherentes* (Carey y Spelke, en Hirschfeld y Gelman, 2002a; Smith y cols., 1997; Gelman y cols., en Hirschfeld y Gelman 2002b; Keil, citado en Carey y Spelke, en Hirschfeld y Gelman, 2002a). Se plantea que desde muy temprana edad los niños tienen principios muy claros que les permiten identificar entidades importantes en estos dominios. Bajo esta perspectiva las *teorías de sentido común* de los niños, a pesar de no ser

mantenidas conscientemente, manipuladas y construidas como teorías científicas, son teorías en tres aspectos (Smith y cols., 1997):

1. Soportan la realización de distinciones ontológicas importantes
2. Poseen principios y conceptos interrelacionados y coherentes
3. Dan a los niños diferentes formas de explicar fenómenos causales de diversos fenómenos físicos, psicológicos, biológicos, etc.

Como las teorías científicas las teorías de sentido común son sistemas dinámicos de evolución de ideas que ayudan a los niños a explicar los problemas centrales al dominio y son susceptibles a la revisión y al cambio conceptual profundo (Smith y cols., 1997).

En síntesis diríamos que desde los planteamientos anteriores las ideas previas de los niños sobre fenómenos científicos son considerados, en su estructura interna, como teorías coherentes y generales y que el cambio conceptual consiste principalmente en un proceso de cambio de teórico debido a la acumulación del saber en disciplinas específicas, además de describir las características de los conceptos que cambian en el proceso.

Los postulados y hallazgos de diversos investigadores de este primer campo han contribuido de manera importante a la enseñanza de las ciencias. Por ejemplo, se han realizado currículos utilizando algunos de los mecanismos ya mencionados para inducir al cambio conceptual (véase por ejemplo el trabajo de Smith y cols., 1997, para enseñar aspectos relacionados con materia y densidad). Sin embargo, algunos postulados de este primer campo también han tenido algunas dificultades. Por ejemplo, respecto al pensamiento teórico de los niños, Paul Harris (en Hirschfeld y Gelman, 2002b) sostiene que existen semejanzas y profundas diferencias entre el pensamiento habitual de los niños y el de los científicos, ya que en ambos la *teoría no guía* su pensamiento y descarta que los niños piensen en términos teóricos. Asimismo, diSessa y Sherin (1998) describen algunas dificultades del modelo de cambio conceptual presentado por Carey y Spelke y otros autores. diSessa y Sherin reflexionan sobre qué es un “concepto”, qué es lo que en realidad cambia en el cambio conceptual y cómo ha sido abordado el asunto por distintos investigadores. De esta manera, llegamos a las aportaciones que se ubican en el segundo campo: aquellas que no ven a las ideas previas de los estudiantes como de tipo teórico.

Autores como diSessa y Sherin (1998), Ruth Stavy (1990), Palmer (1999), Gallegos y cols. (1994), Rosalind Driver (1985) entre otros, no comparten la opinión que las ideas ingenuas de los estudiantes sobre fenómenos científicos tengan alguna coherencia, sistematicidad y generalización propias de una teoría, sino que han dado mayor importancia a las diversas

concepciones que los alumnos emplean en una misma área de acuerdo a las características del contexto y materiales utilizados. Las características del contexto de las tareas parecen influir en el uso conceptual coherente de los escolares e incluso éstos utilizan diferentes contextos para responder a fenómenos paralelos (véase las diferentes tareas sobre aspectos relacionados con materia utilizadas por Driver y cols., 1985). Por ejemplo, Palmer (1999) describe que diferentes autores han encontrado que las ideas de los estudiantes acerca de “combustión” tienden a cambiar de acuerdo al tipo de material que es quemado, o que las concepciones sobre “volumen” estaban influidas por factores como el tipo de materia, sus formas y su masa o que las ideas sobre “fuerza de movimiento” estaban influidas por las características del cuerpo en movimiento y, en particular, por su forma, peso y función.

Estos hallazgos sugieren que la comprensión de diferentes temas científicos por parte de los escolares está fragmentada y no posee las características de una teoría. No obstante, como ésta las teorías de sentido común tienen sus propios principios. Sin embargo, las características de estas últimas contrastan en gran manera con las características de las primeras. Para algunos autores las teorías científicas “postulan constructos teóricos: entidades, eventos o fuerzas abstractas: proveen explicaciones causales que dan cuenta de fenómenos que constituyen evidencias” (Gopnik y Wellam, en Hirschfeld y Gelman, 2002b, p.17). Tienen además una estructura definida. Los *constructos teóricos* se refieren a un conjunto de entidades extraídas de los fenómenos visibles y subyacen a estos, están diseñados para explicar esos fenómenos empíricos y no sólo para tipificarlos o generalizarlos. Una teoría tiene entre otras características (Gopnik y Wellam, en Hirschfeld y Gelman, 2002b):

- *Son coherentes*: las entidades teóricas y los términos que postulan están estrecha y “legalmente” relacionados entre sí. Así, los cambios en una parte de la teoría tienen consecuencias para las otras partes.
- *Predicción*: predice acerca de una amplia variedad de evidencias, incluso aquellas evidencias que no estuvieron o tuvieron un papel en la construcción de la teoría inicial. Permite predecir adecuadamente eventos futuros que se pueden describir como evidencias. Las teorías van más allá de la evidencia, nunca son completamente correctas de tal manera que las predicciones pueden ser falseadas. En algunos casos, la teoría no hará ninguna predicción, en otros una teoría puede tener menos poder predictivo, ya que la profundidad y la fuerza explicativas no siempre garantizan predicciones adecuadas.
- *Interpretación*: las teorías producen descripciones, tipologías, generalizaciones de la evidencia y aportan interpretaciones acerca de ellas.

La descripción de algunas características de la teoría científica desde el punto de vista psicológico nos es útil para comprender mejor aspectos relacionados con las teorías intuitivas y la estructura de los *primitivos fenomenológicos* o, en corto, “*p-prims*” (por sus siglas en inglés de *phenomenological primitives*) que son “abstracciones mínimas de experiencias comunes que se toman como relativamente primitivos ya que por lo general no necesitan explicaciones. Sencillamente suceden” (diSessa, 1988, p.52). Veamos.

En el mundo interactuamos con objetos, animales y otras personas. Estos *entes* tienen un rol importante en nuestra vida: ser incapaces de reconocer un principio, un león hambriento o un esposo celoso puede tener consecuencias negativas importantes sobre la salud biológica (Boyer, 2002). Es ahí donde la complejidad de la mente tiene un papel importante porque registra eventos y consecuencias del mundo que nos rodea a través de la generación de *teorías intuitivas* de los hechos a fin de *explicar y tratar de comprender* tales entes. De acuerdo al diccionario Aristos 3 *intuición* es la capacidad humana de aprehender la realidad, como una percepción clara e instantánea de una idea o verdad tal y como si la tuviéramos a la vista.

La mente, sin embargo, no puede ni trata de explicarlo todo, más bien dispone de complejos mecanismos que le ayudan en esta tarea. Sus procesos explicativos son “*selectivos*” ya que la mente no usa cualquier información disponible para explicar algo: no tratamos de interpretar el estado emocional de una computadora, suponemos que las plantas se secaron y murieron porque no fueron regadas pero no porque estaban deprimidas y no pensamos que un animal brincó porque lo empujó el viento. Así, reservamos *las causas físicas para los hechos mecánicos, las causas biológicas para los ciclos de crecimiento y descomposición y las causas psicológicas para las emociones y las conductas* (Boyer, 2002).

Dado que el mundo es un lugar muy diverso, la mente está equipada con diferentes *tipos de intuiciones y de lógicas* apropiadas para una sección de la realidad. A estas *formas de saber* se les han llamado “sistemas”, “módulos”, “posturas”, “facultades”, “órganos mentales”, “*inteligencias múltiples*” y “*motores del razonamiento*” (Pinker, 2003²), “*mecanismos explicativos especializados o sistemas especializados de inferencia*” (Boyer, 2002), aparecen pronto en la vida, están en la mayoría de las personas y parece que se procesan en conjuntos de redes en partes distintas del cerebro. Cada facultad se basa en una *intuición nuclear* que fue adecuada para analizar el mundo en el que evolucionamos.

²Los diversos nombres acuñados a las formas de saber pertenecen a diferentes autores como Caramazza, Shelton, Gallistel, Gardner, Hirschfeld y Gelman, Keil, Pinker, Tooby y Cosmides.

Entre la lista provisional de facultades cognitivas, así como de las intuiciones primordiales en que se basan tenemos (Pinker, 2003³):

-Una *física intuitiva*, que empleamos para seguir la pista de cómo caen los objetos, cómo se balancean y se doblan. Su *intuición primordial* es el concepto de objeto, que ocupa un lugar, existe durante un espacio continuo de tiempo, y sigue las leyes del movimiento y la fuerza. No son las leyes de Newton, sino algo más parecido a la idea medieval de ímpetu, un “impulso” que mantiene en movimiento a un objeto y que poco a poco se desvanece.

- Una *versión intuitiva de la biología o historia natural* que usamos para comprender el mundo. Su *intuición primordial* es que los seres vivos albergan una esencia oculta que les da su forma y sus poderes e impulsa su crecimiento y sus funciones corporales. La biología intuitiva empieza con la idea de una esencia invisible que reside en los seres vivos y que les da su forma y poderes. Estas creencias esencialistas aparecen en la primera infancia, y en las culturas tradicionales dominan el razonamiento sobre las plantas y los animales. Por ejemplo, los niños preescolares creen que con una operación se puede transformar una mofeta en un mapache. A los nueve años creen que el animal que resultaría de esta operación sería una mofeta con aspecto de mapache. Los preescolares no creen que todo lo que se parece a un mapache es un mapache. Una mofeta disfrazada de mapache es considerada una mofeta⁴. Las intuiciones suelen ayudar a deducir a niños pequeños que un mapache que se parece a una mofeta tendrá crías de mapache, o que si se toma una semilla de una manzana y se siembra junto a las flores de una maceta producirá un manzano, o que el comportamiento de un animal depende de su modo de ser, no de su aspecto. No obstante, el esencialismo puede inducir a errores. Por ejemplo, los niños creen de manera errónea que el hijo de unos padres anglohablantes hablará inglés aunque se críe en una familia en que se hable francés o que los chicos tendrán el pelo corto y las chicas llevarán vestido aunque no se críen con ningún otro miembro de su sexo de quien puedan aprender esos hábitos.

La física intuitiva nos ayuda a comprender el comportamiento de los objetos físicos en el mundo físico. Por ejemplo, si vemos una bolsa de papas fritas en el extremo de una mesa y de

³La física intuitiva son trabajos de Elizabeth Spelke; y la biología intuitiva es una descripción del trabajo de diferentes autores como Scott Atran, Susan A. Gelman, John D. Coley, Gail M. Gottfried y Frank Keil; Pinker hace también una descripción de otras facultades cognitivas como un sentido numérico, una economía intuitiva, la ingeniería intuitiva, la psicología intuitiva, un sentido espacial, etc., a partir de trabajos de autores como Leda Cosmides, John Tooby, etc.

⁴Este estudio de transformación es de Frank Kiel, 1989 citado en Carey y Spelke (en Hirschfeld y Gelman, 2002a)

pronto por sí sola empieza a moverse hacia el otro extremo de la mesa, rápidamente pensamos que ahí debe haber algún truco que hace eso posible ya que nuestra intuición nos dice que es imposible que un cuerpo sólido se mueva por sí solo, a menos que algo o alguien también sólido lo haga, como una persona escondida que tire la bolsa con un hilo transparente; o cuando vemos a dos personas despistadas que se acercan en la misma dirección esperamos que ambas choquen y no que una traspase a la otra porque ambos son objetos sólidos que, cuando sus trayectorias se cruzan, chocan. Los eventos físicos no son sólo un incidente tras otro, casi siempre existen causas y efectos, pero nosotros no podemos *ver* una causa, lo que vemos son eventos y la mente *interpreta* su secuencia como causa más efecto.

Así, parece que no es tan complicado explicar y entender cómo los objetos se mueven cuando se les empuja, qué pasa cuando chocan entre sí, por qué un objeto caerá si no hay nada que lo detenga, etc. Por ejemplo, si se deja caer un objeto, se espera que caiga en trayectoria vertical, si se lanza una pelota contra la pared, se esperaría que rebotara en un ángulo que fuera más o menos simétrico al ángulo en el que pegó en la pared, si se lanza una pelota hacia arriba tan fuerte como se pueda, se esperaría que volará más alto y más rápido que si sólo se le da un empujoncito además, claro, de esperar que regrese (Boyer, 2002).

La física intuitiva se basa, como la física científica, en principios que reciben una descripción específica de los objetos que se encuentran alrededor y de cómo se mueven produciendo expectativas de lo que pueda ocurrir. Sin embargo, no somos conscientes de que tengamos tales expectativas y éstas sólo se manifiestan cuando algún aspecto de la realidad física viola tales principios, como cuando el mago David Copperfield detiene con sus dientes una bala que es disparada por una pistola. De esta manera, nos formamos ciertas expectativas de la física de los objetos, como con las dos personas despistadas que al coincidir sus trayectorias no nos sorprendió que hubieran chocado, pero si una traspasaba a la otra, ¡nos habría sorprendido en gran manera!

Como se ve, desde los planteamientos anteriores se ha propuesto que para comprender ciertos eventos que ocurren a nuestro alrededor, la gente acude a *teorías intuitivas* o *teorías de sentido común* las cuales “no incluyen los conocimientos detallados, explícitos y formales que posee un doctor en física o biología” (Gelman y cols., en Hirschfeld y Gelman, 2002b, p.130). Así, se dice que a pesar de que las personas tengan cierta comprensión de un principio teórico, probablemente tendrá problemas para explicar ese principio de manera explícita (Gelman y cols. en Hirschfeld y Gelman, 2002b), además raramente las personas comunes formulan hipótesis y hacen experimentos para comprobarlas.

Las teorías intuitivas contrastan con las teorías científicas ya que la gente común por lo general da explicaciones fenomenológicas superficiales para explicar algún fenómeno, mientras

que un científico lo haría apoyándose en una serie de ideas teóricas aunque nunca deje de lado sus explicaciones intuitivas. Por ejemplo, Lewis y Linn (2003) investigaron algunas ideas intuitivas de adolescentes, adultos y expertos sobre energía y temperatura y encontraron que algunas explicaciones dadas por los expertos no se diferenciaban de las dadas por los dos primeros grupos. Algunos expertos (5 químicos y 3 físicos) no pudieron diferenciar energía calorífica y temperatura; otros dieron ejemplos pero no pudieron expresar la diferencia de manera general (véase también los hallazgos entre expertos y novatos de Smith y cols., 1993).

Gelman y cols. (en Hirschfeld y Gelman, 2002b) señalan que el pensamiento del adulto tiene un estilo *teórico* porque apela a *leyes causales dominio-específico* cuando se piensa por ejemplo, que si una bolita choca con otra la hará moverse, cuando se cree que si se lanza un guijarro desde la altura, caerá, que si lanzamos dos objetos desde una altura, el más pesado llegará al suelo primero, etc. Estas *relaciones causa-efecto* operan sobre objetos del mundo físico y para explicarlas la gente inventa constructos poderosos y no observables. Así, por medio de la interacción con los objetos del mundo físico al lanzar un objeto al cielo y ver como cae, o al experimentar que si “sólo” al hacer contacto con un objeto, éste se moverá, etc., formulamos explicaciones acudiendo a constructos como la gravedad, la fuerza, la velocidad, etc., para explicar eventos que no son visibles ni fáciles de medir, pero que sin embargo los podemos ver (Gelman y cols. en Hirschfeld y Gelman, 2002b).

Retomando al campo donde no se consideran las ideas intuitivas como de corte teórico, diSessa (2000) propone llamar al conocimiento ingenuo o de sentido común como *conocimiento intuitivo* en vez de teorías intuitivas ya que éste difiere mucho en su coherencia en la aplicación de un fenómeno de acuerdo a las influencias de las características del contexto. En algunas teorías intuitivas respecto a fenómenos físicos la explicación, predicción e interpretación, en primera instancia, no tendrían que variar en gran medida independientemente de los contextos en que se apliquen. Por ejemplo: imaginemos que sostenemos una piedra en el balcón del sexto piso de un edificio y pedimos a la gente la predicción de lo que sucederá si la dejamos de sostener. La mayoría dirá que la piedra, “obviamente,” llegará al suelo debido a la gravedad.

Ahora imaginemos que en el mismo piso del edificio tenemos una botella de vidrio sellada con un corcho. Sin embargo, es una botella especial porque en un extremo superior hay una delgada manguera plástica que sale del interior de la botella y termina fuera en una jeringa. En el interior de la botella también hay un globo de plástico inflado sobre el piso. Ahora pedimos la predicción a la gente sobre lo que sucedería con el globo si quitáramos, con la ayuda de la jeringa y el tubo de plástico, todo el aire del interior de la botella generando así un espacio vacío. En la mayoría de los casos mucha gente predice que el globo no permanecerá en el piso de la botella sino que más bien flotará debido a que no hay aire “como sucede en el espacio

con los astronautas”. Pero como el edificio se encuentra en la Tierra y las leyes de la gravedad actúan sobre todo objeto físico, ésta atraerá a la piedra y al globo hacia abajo independientemente del contexto: un espacio con aire y otro sin aire. A pesar de que todo el mundo conoce este principio gravitatorio básico, muchos no pueden generalizarlo y aplicarlo en un contexto diferente como un espacio vacío situado en la Tierra.

Como en el ejemplo anterior, la mayoría de las veces, los razonamientos, ideas y explicaciones que la gente tiene sobre ciertos eventos físicos no coinciden con aquellos que la física científica aplica para explicarlos. Por tanto, diSessa (2000) define al *conocimiento intuitivo* como “un conjunto de modos de saber que están más allá de los conocimientos estereotipados que se han institucionalizado culturalmente en la escuela e incluso en el sentido común” (p.71). Además, los *conceptos físicos formales* contrastan con los *conocimientos intuitivos* y las *teorías físicas* con las *teorías intuitivas* de la gente sobre determinados fenómenos físicos.

Al conocimiento intuitivo sobre sucesos físicos diSessa (1988) le da el nombre de *física intuitiva* que se refiere a “un conjunto fragmentado de ideas vagamente conectadas y reforzadas que no poseen la coherencia y la sistematicidad que se les atribuye a las teorías” (p.50). Esos fragmentos sobre determinado fenómeno físico son ricos, diversos, generativos, inarticulados, erróneos o correctos, flexibles, no conectan muy bien con el lenguaje (diSessa, 2000) y constituyen un *sistema fundamentalmente fragmentado de conocimiento*. Dichos fragmentos se conocen como primitivos fenomenológicos o p-prims y son parte central de la “*teoría del conocimiento fragmentado*” de diSessa (1993). Los p-prims son resultado de la experiencia con el mundo físico y pueden contradecirse uno a otro dependiendo de las características del contexto en que sean activados y aplicados de manera automática, consciente o inconscientemente a fin de responder a un fenómeno específico. Con base en los p-prims el alumno puede dar incluso diferentes tipos de explicaciones en respuesta a un solo fenómeno.

Así, los p-prims son considerados como la base sobre la cual los alumnos *dan sentido* a una situación, sería algo así como unos lentes a través de los cuales emerge la interpretación del estudiante. Los p-prims también tienen un *rol explicativo* importante porque permiten al escolar interpretar sus experiencias. Sin embargo, los p-prims en sí mismos no son explicativos, incluso para el estudiante no es necesario explicarlos porque para ellos “así suceden las cosas”, tal y como operan con presunciones implícitas sobre cómo trabaja el mundo físico y las relaciones causa-efecto. Las explicaciones ingenuas no son entendidas como una reflexión de teorías coherentes, sino como construcciones espontáneas como resultado de la activación de los p-prims ante un evento específico. El sistema de conocimiento tiene una organización débil por lo que las justificaciones de los estudiantes por lo general carecen de profundidad y sus respuestas pueden parecer, por lo general, “ad hoc” en naturaleza. Así, desde la perspectiva

anterior, las ideas espontáneas de los estudiantes no son caracterizadas como teorías sistemáticas sino como conjunto de explicaciones ad hoc. “diSessa sostiene que no existen ni un único principio organizador ni un conjunto de principios que den origen a las explicaciones físicas ingenuas. Esas explicaciones surgen de un conjunto de p-prims que aparecen como respuestas a situaciones específicas” (Resnick, en Hirschfeld y Gelman, 2002b, p.316).

En la enseñanza de las ciencias han sido muchas las investigaciones, bajo diferentes perspectivas teóricas, que se han dirigido hacia la *epistemología del conocimiento de la física*. La *epistemología* o *teoría del conocimiento* “da cuenta de los fundamentos de los conceptos y de las teorías científicas que ofrece la explicación de la ciencia, de sus cómo y sus porqués” (García, 2003, p.43). Da cuenta de los fundamentos y métodos del conocimiento científico. Etimológicamente, epistemología significa *transparente: pistemos* del griego *conocimiento* y *logos* es el sufijo común para *estudio de* (diSessa, en diSessa y cols., 1995).

Una de estas perspectivas es la teoría del conocimiento en fragmentos de diSessa (1993). No obstante la biología también ha realizado algunas aportaciones con base en el planteamiento teórico de diSessa (Gallegos y cols., 1994; Southerland y cols., 2001). A la luz de los resultados relacionados con cadenas alimenticias descritos en el capítulo dos de esta obra, muchos datos revelan que las explicaciones de los estudiantes cambian, no son coherentes, sistemáticas, generales, etc., en relación de ciertos aspectos específicos de la tarea, creemos que las ideas de los niños respecto a dicho tema no son de estilo teórico por lo que hemos decidido trabajar bajo la perspectiva teórica del conocimiento en fragmentos de diSessa (1993) que exponemos a continuación.

TEORÍA DEL CONOCIMIENTO EN FRAGMENTOS

De acuerdo a diSessa (1983) la *ingenua comprensión del mundo físico* constituye un rico *sistema de conocimiento*: “el sistema como un todo está organizado débilmente y expuesto a un conjunto de coacciones incluyendo una carencia relativa de profundidad en una estructura justificadora y una incapacidad para resolver conflictos sobre la base del conocimiento dentro del sistema” (diSessa, 1993, p.105). Antes de iniciar la educación formal en física los estudiantes ya poseen una *rica y flexible causalidad* para entender física. diSessa (1983, 1993) llama a esa causalidad *ingenuo “sentido de mecanismo”*.

En breve, para diSessa la *ingenua causalidad física* consiste en un rico *sistema de elementos* que están organizados sólo en un grado limitado. Dichos elementos, llamados *primitivos fenomenológico* o *p-prims*, en sí mismos son “abstracciones relativamente simples y usualmente abstraídas de experiencias comunes” (diSessa y Sherin, 1998, p.1177). Por ejemplo, la gente espera que un gran éxito esté acompañado por grandes resultados, o que al empujar más fuerte y las cosas vayan más rápido. Los p-prims coordinan y son especialmente prominentes en etapas tempranas de aprendizaje. Como se mencionó, las propiedades de los p-prims, tales como su simplicidad individual, su gran cantidad, su organización limitada y su naturaleza fenomenológica, contrastan en gran medida con lo que usualmente concebimos como propiedades de teorías (diSessa y Sherin, 1998).

El ingenuo “sentido de mecanismo” es la *red causal* que usan los principiantes en su camino hacia la comprensión de conceptos físicos. Según diSessa y Sherin (1998) existen diversas redes causales (viejas o nuevas) las cuales tienen características propias, sufren cambios, tienen alteraciones y reorganizaciones, etc. El objetivo de la teoría del conocimiento en fragmentos de diSessa es comprender el ingenuo “sentido de mecanismo” que implica el sentido común, las predicciones, explicaciones y juicios de creencia respecto a *situaciones mecánicamente causales*. Según diSessa (1993), el sentido intuitivo del mecanismo:

- se *adquiere* de manera gradual sobre cómo funcionan las cosas, qué serie de eventos son necesarios, probables, posibles o imposibles.
- tiene la función de control del mundo físico, describir causalidades (qué eventos por lo general siguen a otros y por qué es así).
- es el conocimiento que nos provee con la capacidad de evaluar la probabilidad de diferentes eventos basados en la generalización acerca de lo que puede o no puede pasar, hacer predicciones y dar descripciones causales y explicaciones.

- involucra diversos y difusos juicios e impresiones.
- como término es utilizado para enfatizar que el cuadro que se dibuja de la causalidad humana es dramáticamente diferente de muchas otras caracterizaciones.
- una alternativa y simple descripción sería *causalidad*, qué eventos regularmente siguen a otros.

Para estudiar el sentido humano del mecanismo físico diSessa (1993) se centra en la identificación y el análisis de elementos o fragmentos específicos de conocimiento, es decir, en los primitivos fenomenológicos. Éstos son *fenomenológicos* en el sentido de que frecuentemente se originan en interpretaciones casi superficiales de la realidad experimentada y porque una vez establecidos forman un rico vocabulario a través del cual la gente recuerda e interpreta sus experiencias, es lo sencillamente evidente a nuestra experiencia con el mundo físico, y son *primitivos* porque son explicativos en sí mismos y son usados como si no necesitaran justificación; es decir, son evidentes, no se pueden separar o explicar.

Lo *primitivo* también implica que son *elementos primitivos* de un *mecanismo cognitivo*, como elementos mínimos de memoria que son evocados como un todo y que quizás son atómicos y aislados en una estructura mental. Los p-prims son parte de un sistema cognitivo, más no de uno científico-teórico o axiomático. Son una estructura hipotética de conocimiento (diSessa, 1993, 2002). En pocas palabras, la comprensión intuitiva del mundo físico, es decir, la rica y flexible comprensión física de causalidad llamada ingenuo “sentido de mecanismo” está formado por un sistema de elementos llamados primitivos fenomenológicos que están organizados sólo en un nivel limitado (diSessa y Sherin, 1998). La teoría del conocimiento en fragmentos posee los siguientes aspectos:

1. *Elementos*: describe el tamaño y el carácter de las estructuras de conocimiento involucradas. Las ideas, categorías, conceptos, modelos y teorías son categorías relevantes pero insuficientemente precisas.
2. *Mecanismo Cognitivo*: proporcionan una imagen de la operación del sistema intuitivo de conocimiento.
3. *Desarrollo*: se refiere la comprensión de la génesis y el desarrollo del sistema. Aquí, se pretende comprender cómo los elementos y las propiedades del sistema cambian.
4. *Sistematicidad*: describe el nivel y la clase de relaciones de los elementos en el sistema. Esto incluye descripciones de descomposiciones en subsistemas que están relativamente integradas en sí mismas y también son relativamente independientes de otros subsistemas.

Con base en los cuatro puntos anteriores, a continuación hacemos un resumen de cada uno de ellos (diSessa, 1993):

1. Elementos: los p-prims son pequeñas estructuras de conocimiento; típicamente involucran configuraciones de sólo algunas partes que actúan, en gran medida, por reconocimiento en un sistema físico o en la conducta del sistema o conducta hipotetizada. En algunos casos especialmente importantes los p-prims en sí mismos son conductuales o necesariamente implican conducta, la cual les permite fungir roles importantes en la explicación de un fenómeno físico. Los p-prims de esta clase serían explicativos en sí mismos: algo sucede porque esa es la manera en que son las cosas. En estos casos, los p-prims llegan a ser el equivalente intuitivo de las leyes físicas: podrían explicar otros fenómenos pero en sí mismos no son explicativos en el sistema de conocimiento. En este sentido, lo fenomenológico y primitivo de los fragmentos de conocimiento, como ya se describió, explican estos últimos aspectos.

2. Mecanismos cognitivos: en gran parte los p-prims actúan al ser reconocidos. Esto no necesariamente implica que los p-prims se pueden ver, significa que son identificados por medio de un estado activo sobre la base de configuraciones percibidas que, en sí mismas, son estructuras de conocimiento previamente activadas.

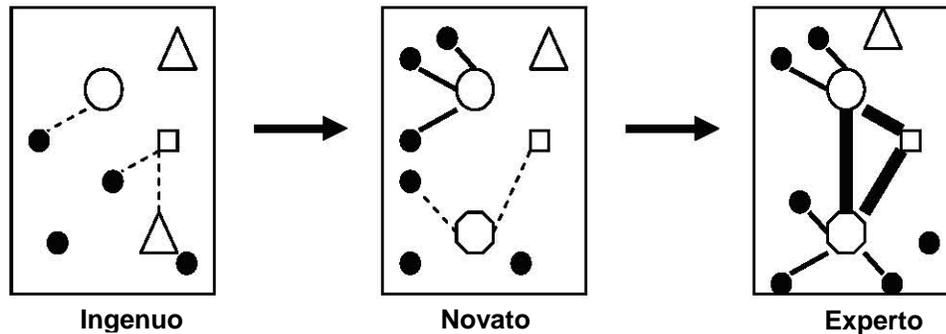
El reconocimiento de los p-prims ocurriría en capas: en el parte superior están las ideas relativamente conscientes y conceptos que involucran y son activadas por elementos de un nivel más bajos, abajo hacia esquemas sensoriales u otro nivel bajo, pero en menores aspectos directamente de datos directamente dirigidos del estado interno. En este modelo los p-prims ocupan niveles medios: no pertenecen a los niveles más inferiores ni al mundo de las ideas o a los denominados conceptos y categorías. La educación debería procurar que los p-prims sean activados en circunstancias apropiadas que por consecuencia ayudarían a activar otros elementos de acuerdo a sus contextos específicos. Para describir la operación y sistematicidad de los p-prims es necesario un modelo más refinado del mecanismo cognitivo que su simple reconocimiento; para esto diSessa (1993) describe la topología local de la *red de reconocimiento*. La topología está basada en activaciones sucesivas, cuyos elementos activan otros. La forma de transición de un p-prim particular a un estado activo es afectada por otros elementos previamente activados conocida como *prioridad de señal*. Altas o bajas prioridades de señales indican una conexión más fuerte o más débil entre estructuras que son antecedentes en la secuencia de señal y de su reconocimiento. Una alta prioridad de señal significa que sólo una pequeña, adicional y contingente activación es necesaria sobre el contexto descrito para activar el elemento en cuestión. La activación contingente está proporcionada por otras partes de la red y el contexto debería ser descrito en términos de

elementos particulares, relevantes y activos. La supresión puede ser representada por una prioridad negativa de activación. La *prioridad de confiabilidad* describe el procesamiento iniciado por la activación de un p-prim que puede más o menos afectar directamente el estado de tal elemento en futuras ocasiones. Esta prioridad describe una potencial retroalimentación que puede reforzar o eliminar la activación inicial. Una alta confiabilidad (con respecto a un contexto específico) significa que es improbable que un p-prim no se active por un proceso subsiguiente. Así, a través de cada experiencia un p-prim se activará automáticamente con posterioridad de acuerdo a su confiabilidad que es modificada “ad-hoc”, es decir, si un fenómeno físico activó un p-prim determinado y la actividad subsecuente de ese fenómeno apoya su confiabilidad, entonces su confiabilidad aumentará. No obstante, la consistencia interna de la confiabilidad de ese p-prim se vería afectada por otro p-prim. En actividades subsecuentes, un p-prim confiable es más probable que sea usado que otro menos confiable. Las *prioridades estructuradas* se refieren a las dos anteriores. Lo estructurado significa que las prioridades no son globales ya que ellas no proporcionan una clasificación general; más bien, las prioridades están estructuradas acorde al contexto, el estado de elementos "vecinos" de conocimiento.

3. Desarrollo: como se mencionó antes los p-primos se originan de abstracciones mínimas de fenómenos comunes. diSessa (1993) asume que dichos orígenes son comprendidos sin problemas y más bien se centra la “historia de vida” de los p-primos, especialmente en cómo llegan a ser integrados en un pensamiento físico sofisticado. Así, el desarrollo hipotético de una ingenua a una intuición física experta incluiría el siguiente proceso:

Primero, el gran conjunto de colección de p-primos carentes de estructuras presentes en el sujeto ingenuo van cambiando hacia el uso de una física escolarizada. Con inestructurado diSessa (1993) quiere decir que los enlaces y la confiabilidad están establecidas sólo en pequeños vecindarios dentro de la red. La prioridad es local y ahí es posible que no haya elementos dominantes o centrales. Durante el proceso de “cambio a la pericia” la prioridad de algunos p-primos llega a ser aumentada o reducida mucho y los contextos de activación podrían emigrar, ampliarse o contrastarse dependiendo de los roles de los nuevos elementos en el desarrollo del sistema de conocimiento físico. Algunos p-primos completamente nuevos son generados cuando el aparato descriptivo del aprendiz cambia para centrarse en diferentes rasgos y configuraciones en el mundo físico. Sin embargo, una revisión más drástica en el sistema de conocimiento intuitivo es el cambio en la función de los p-primos. Éstos no pueden ser por más tiempo explicativos en sí mismos por lo que deben desplazarse hacia estructuras de conocimiento mucho más complejas tales como las leyes físicas. Los p-primos vienen a servir como roles más débiles, como señales heurísticas para estructuras de conocimiento más

formales, o sirven como análisis que trabajan sólo en contextos mucho más particulares que el rango de aplicaciones de las leyes generales o universales de la física. A esta reutilización e integración de estructuras de conocimiento intuitivo dentro de una codificación funcional de pericia diSessa la llama *codificación redistribuida*. El nombre implica que la codificación de, por ejemplo, una ley física puede ser esparcido sobre muchos elementos intuitivos que juegan algún rol pequeño en la “ley instruida”. Mientras que en algunos casos el conocimiento podría ser “empaquetado” en “bultos” explícitos como fórmulas o proposiciones, invocar tales bultos y desempacar sus significados en contextos de aplicación requeriría un gran número de estructuras especializadas que podrían ser los p-prims. A la par de este cambio en la función de los p-prims desde entidades relativamente aisladas que se explican por sí mismas hacia un sistema más grande, está un cambio estructural sustancial en la red prioritaria. La profundidad, la amplitud y la integración de la red prioritaria del experto marcan un cambio principal de la física intuitiva. La Gráfica 1 ilustra una perspectiva de sistema complejo donde muchos ejemplares de diferentes tipos de conocimiento se desarrollan y llegan a ser reorganizados en el proceso de *cambio conceptual*. Un “concepto experto” tiene un gran número de diferentes elementos de conocimiento ingenuo (algunos no pertenecen a un “concepto ingenuo”) que va cambiando gradualmente, aumentando con nuevos elementos y organizados dentro de una nueva configuración:



Gráfica 1. Diferentes ejemplares de tipos de conocimientos desarrollados y reorganizados en un proceso de cambio conceptual⁵.

⁵ “El ‘estado ingenuo’ consiste de un gran número de elementos conceptuales de varios tipos. Tales elementos son modificados y combinados en formas complejas, posiblemente en niveles y dentro de subsistemas que, juntos, constituyen la configuración ‘final’ de un concepto experto” (diSessa, 2002, p.30). A lo anterior diSessa le da el nombre de perspectiva de “*sistema complejo de conocimiento*” de cambio conceptual, o informalmente “*ecología conceptual*”. La Gráfica 1 fue tomado de diSessa (2002, p.31).

4. Sistemática: la siguiente es una lista *a priori* de clases de sistematicidad:

a. Uso mutuo: el mero uso de los p-prims en una sucesión dinámica, o simplemente en grupos relativamente uniformes proporciona una clase de sistematicidad que puede justificar los conjuntos de p-prims, todos siendo subidos o bajados en prioridad simultáneamente.

b. Atributos comunes (“vocabulario base” común): si algunos p-prims están implicados en el uso de un vocabulario base común de otros primitivos, entonces éstos entran claramente dentro de una relación particular uno con el otro. Un conjunto específico de atributos quizás proporcione una clase de paquete de utilidad que se utiliza con frecuencia y determina características generales del sistema, tal como la prominencia de clases enteras de fenómenos.

c. Plausibilidad mutua: los resultados de episodios particulares de un razonamiento situacional específico pueden acumular una clase de integración. Elementos importantes refuerzan uno a otro o generan nuevos elementos vía episodios específicos de razonamiento. Los *silogismos fenomenológicos* son una clase de plausibilidad mutua: se podría notar simultáneamente que X implica Y, y Y implica Z, por lo tanto, se codifica que X implica Z. Por ejemplo: las cosas pesadas por lo general se mueven más lento y si algo se mueve más lento generalmente le tomará más tiempo completar un acto. Así, uno podría concluir y codificar por separado que las cosas pesadas necesitan o toman más tiempo para completar un acto.

d. Completar: se debería esperar una serie de p-prims de prioridad más baja que enlacen algunos contextos a fin de completar explicaciones para la fenomenología del mundo real que no son cubiertas por expectativas intuitivas más fundamentales. Esta clase incluye excusas sobre el por qué algunos p-prims no funcionan en ciertas circunstancias o por qué algunos fenómenos impredecibles ocurren en la realidad. La fricción y la magia pueden ser invocadas para explicar de otra manera fenómenos inexplicables.

e. Abstracción: en las partes densas de la red del conocimiento intuitivo, varios fenómenos pueden ser relacionados teniendo una abstracción en común. En general, las abstracciones comunes deben tener sus propias redes de señal, que se espera se comporten como la disyunción de las pautas de señal de los elementos especializados.

Los elementos, el mecanismo cognitivo, el desarrollo y la sistematicidad son ampliamente desarrollados por diSessa en su obra de 1993. Aquí hemos intentado recoger y exponer algunos aspectos importantes para la presente investigación a fin de tener una comprensión básica de la teoría del conocimiento en fragmentos. Aunque diSessa (1993) dio a conocer su

teoría completa hace más de diez años, en nuestro campo ha sido poco difundida. En este sentido, creemos que es importante conocer los cuatro puntos anteriores a fin de que el lector o lectora conozca algunos aspectos sobresalientes dicha teoría. diSessa (1993) obtuvo los datos empíricos para indagar los p-prims por medio de entrevistas realizadas a estudiantes de un curso de física del Massachusetts Institute of Technology (MIT) durante tres años y, para reconocer un p-prim, diSessa (1993) ha establecido diecisiete principios:

Principios heurísticos para identificar p-prims

1. *Principio de obviedad:* algunos eventos físicos son tan familiares que, aparentemente, no presentan problemas cuando son explicados. Es en esos contextos que un p-prim podría estar trabajando. En general los p-prims establecen clases abstractas de acontecimientos no problemáticos. Así, si se ve a los p-prims como la base de acontecimientos comunes, entonces es posible entender las reacciones de los estudiantes a eventos no comunes usando esos mismos p-prims.

2. *Principio de impenetrabilidad:* los p-prims son relativamente primitivos en un sentido explicativo. Este es el sentido primario de *primitivo* en un p-prim. Si la gente está satisfecha al dar una explicación afirmando una descripción, probablemente eso indique un p-prim. Sin embargo, a veces la gente también da explicaciones complejas de, por ejemplo, dispositivos usando modelos mentales en un camino más o menos articulado. Tales explicaciones pueden insinuar muchos p-prims a lo largo del camino, pero son improbables de revelar p-prims directamente en la explicación presentada. Este principio está limitado por el hecho de que los p-prims pueden ser frecuentemente sólo primitivos, esto es, alguna certeza puede dirigir al hallazgo de otras explicaciones, otros p-prims, combinaciones de p-prims, o más sistemas macro-explicativos.

3. *Principio de diversidad:* existen muchos p-prims. Así, heurísticamente, tiene sentido mantener una postura escéptica sobre una unificación. Sin embargo, los p-prims se pueden agrupar en conjuntos.

4. *Principio de cobertura:* la amplitud de experiencias comunes debe ser cubierta por los p-prims. Este principio permite descubrir nuevas clases de p-prims. Por ejemplo, los p-prims de coacción emergen en consideración de situaciones obvias, tales como por qué un libro descansa confortablemente sobre una mesa; de manera similar, problemas tales como el de una órbita alrededor de un planeta cuadrado inician la consideración de primitivos figurales

como una clase: aquellos que resultan de una atención a la forma espacial, por ejemplo trayectorias.

5. *Principio del vocabulario fuerte*: los p-prims probablemente se agrupan en áreas de fuerte capacidad de descripción (representacional). De esta manera, los p-prims pueden ser clasificados por dichos vocabularios. Por ejemplo, los primitivos figurales contrastan con los primitivos interactivos: p-prims de observación vs. p-prims de participación.

6. *Principio de génesis no problemática*: generalmente deben existir eventos comunes en los que un p-prim podría ser usado arquetípicamente y de los cuales puede plausiblemente haber sido extraídos. Esto implica al “vocabulario” disponible para la extracción del p-prim y la disponibilidad de eventos comunes que pueden ser gobernados por el p-prim. La funcionalidad - la invocación de un p-prim es más que simplemente posible, también es probablemente útil- es importante con respecto a la génesis. Este principio está limitado por el hecho de que los p-prims podrían ser extraídos en una clase de situaciones y emigrar a otras.

7. *Principio del cuerpo*: este es un principio especializado de fuerte vocabulario y continuidad. Probablemente, los p-prims son extraídos en términos internamente evidentes, especialmente en un desarrollo temprano.

8. *Principio de funcionalidad*: este principio surge de la presunción que el sentido del mecanismo (causalidad intuitiva) evoluciona para que las personas manejen efectivamente el mundo físico. Los p-prims que son “incorrectos” (por estándares escolares) son, muy probablemente, mejor entendidos si están descritos en términos que hacen evidentes contextos de aplicación útil. Esta aplicación debe conformarse con el principio de disponibilidad lista y podría beneficiarse del uso del principio de vocabulario fuerte.

9. *Principio de disponibilidad lista*: se debe ser capaz de entender cómo un p-prim propuesto aplica a cualquiera de sus situaciones de uso sobre la base de representaciones intuitivas relativamente listas de esas situaciones. Esto depende críticamente del vocabulario, pero también implica análisis de situaciones particulares en aquellos términos.

10. *Principio de continuidad*: los p-prims evolucionan de conocimientos tempranos de tal manera que dichos conocimientos proporcionan buenas insinuaciones para más tarde. Entender el sendero genético de un p-prim puede ayudar a explicar algunos aspectos de su carácter que de otra manera no son evidentes.

11. *Principio de dinámica*: la evolución de las explicaciones de los sujetos en una entrevista puede dar información importante sobre p-prims. No sólo las reacciones iniciales o finales son relevantes; las primeras respuestas deben hacer uso de la mayoría del vocabulario disponible, especialmente si son firmes. Generalmente los p-prims de alta prioridad pueden ser evocados, después retractados en una consideración más cercana a los detalles la situación. Más tarde, las descripciones posteriores son indicativos de la certeza en el contexto más que indicativos de una señal directa o sencilla. Los senderos tomados por los sujetos entre las posturas iniciales y finales pueden indicar cuáles características de la situación conducen a los juicios de señal o certeza involucrando p-prims particulares. Adicionalmente, muchas propiedades de sistema están implicadas en tales exploraciones. Por ejemplo, las explicaciones alternativas pueden ayudar al investigador a determinar los aspectos de situaciones atendidas a mostrar riqueza o escasez del conjunto de p-prims que se aplican a un contexto y mostrar consideraciones confiables en la "argumentación competitiva" de los sujetos. En general diSessa (1993) encontró que las primeras respuestas casi nunca agotaban las maneras en que las personas podrían pensar acerca situaciones propuestas. La dinámica era con frecuencia extensa e informativa.

12. *Principio de invarianza*: este es un principio general que si se consigue una descripción correcta, el p-prim aplicará en todos los contextos implicados. Así, si un p-prim aparece a fin de ser usado en situaciones en las cuales no es evidente su aplicación desde el punto de vista teórico, alguna descripción del p-prim puede estar en orden. De manera similar, si no se observa que un p-prim es utilizado en un contexto en el cual debería, dada su descripción actual, eso indica que hay problemas en la descripción de los p-prims. Este principio es especialmente apto y fuerte para la teoría del conocimiento en fragmentos debido a la importancia y dificultad de conseguir una descripción básica de p-prims correctos.

13. *Principio de diversa evidencia*: diferentes problemas en los cuales un p-prim es usado triangula sobre sus propiedades. Este principio es, a veces, difícil de aplicar a un p-prim debido a que la diversidad del sistema de conocimiento hace difícil crear nuevas situaciones que claramente implican un p-prim diana.

14. *Principio de redescipción*: en sistemas dispersos de conocimiento es importante y difícil conseguir el marco descriptivo correcto. El vocabulario de sentido común y caracterizaciones intuitivamente listas rara vez bastan. Así, la sintonía y la argumentación competitiva con respecto a múltiples descripciones de un p-prim pueden optimizar coherencia con otros principios.

15. *Principio de rescate de datos*: el sentido humano del mecanismo físico está hipotetizado para aplicar en casi todos los contextos físicos familiares y no familiares. Aunque éstos no pueden ser ideales para análisis, las predicciones y explicaciones hechas por la gente para casi cualquier situación son relevantes para la teoría del conocimiento en fragmentos. Por ejemplo, existen muchos datos de experimentos que, con una reinterpretación, pueden contribuir al análisis de los p-prims. Por ejemplo, muchos datos de los libros de Piaget pueden ser de gran ayuda.

16. *Principio de discrepancia*: cuando la gente da explicaciones o muestra expectativas no físicas existe una buena oportunidad para descubrir las raíces explicativas en p-prims; los p-prims deben cubrir casos ordinarios, deben ser extraídos plausiblemente de experiencias disponibles y deben ser útiles para los individuos.

17. *Principio de contenido sobre la forma*: los p-prims son análisis de base-contenido. Esta visión de la causalidad humana implícitamente niega que mienta en algunos pequeños conjuntos de formas universales, en analogías, o en la aplicación de mapeos de juicio por un criterio puramente estructural. Así, los p-prims no se pueden quitar de un análisis a favor de procesos generales tal como el razonamiento analógico.

Para que un p-prim sea válido debe cumplir con la mayoría de los principios anteriores. No obstante, podría ser difícil reconocer p-prims sólo con dichos principios. Para ayudarnos a ello diSessa (2002) describe también las propiedades de los p-prims. Como se mencionó al principio de este capítulo, éstas difieren en gran medida de las propiedades de una teoría científica. Este es el punto principal de la discusión entre los autores de los dos campos que revisamos en la introducción de la presente obra. A continuación hemos hecho un resumen de las propiedades de los p-prims.

Propiedades de los p-prims: las siguientes propiedades no son una colección “ad hoc”, son mutuamente dependientes y sugestivas en muchos sentidos. Por ejemplo, el hecho de que los elementos sean pequeños sugiere que son muchos. Éstos están reforzados por el hecho de que los p-prims son relativamente fáciles de generar. La ausencia de articulación va de la mano con la fluidez de datos, etc. (diSessa, 2002):

- *Son pequeños y monolíticos*: los p-prims son pequeños y simples elementos de conocimiento. Son *atómicos* en el sentido de que son esencialmente evocados siempre

como un todo en contraste a los conceptos científicos que, según diSessa, pueden ser considerados sólo con un análisis de sistema.

- *Son muchos*: existen muchísimos p-prims. La colección total de p-prims muestra algunos ligeros grados de sistematicidad, sin embargo los p-prims forman conjuntos libremente. Éstos no muestran relaciones deductivas, de lo universal a lo particular, o alguna otra sistematicidad típicamente esperada en las teorías.
- *Trabajan por reconocimiento*: la activación y uso de los p-prims se da por reconocimiento de la situación; en algunas son utilizadas y en otras no.
- *Sentido de naturaleza; juicios de plausibilidad (creíble)*: la función prototípica lograda por los p-prims es dar un sentido de obviedad y necesidad a los eventos. Por ejemplo, si se empuja algún objeto, no sería sorprendente e incluso se esperaría que el objeto se mueva en dirección del empuje. Un suceso o explicación se sienten plausibles de acuerdo al grado en que el o los p-prims y la circunstancia en cuestión coincidan, y causa sorpresa cuando no lo hacen.
- *Primitivo explicativo*: por lo general, no se puede decir nada acerca de por qué las conductas prescritas de los p-prims suceden. No hay una “teoría encubierta” o razonamiento articulado que los expliquen.
- *Fluido; datos conducidos; ausencia de resolución de conflicto*: mientras que a veces los p-prims son fuertemente usados, en muchas ocasiones serán menos firmes en su activación. En esos casos, el sujeto podría tener una intuición sobre qué es lo que podría suceder, pero entonces la perdería con sus cambios de atención. En algunos casos, varios p-prims conflictivos serían aplicados y ahí es improbable hallar alguna manera de resolver tal conflicto.
- *Conexión problemática con el lenguaje*: los p-prims no son palabras o sentidos de palabras y no son codificados lingüísticamente. Describir p-prims en palabras es difícil o imposible.
- *Orígenes en mínimas abstracciones*: generar nuevos p-prims no es difícil ni tampoco raro. Existen frecuentemente bastantes abstracciones simples de eventos familiares, como el hecho de que al empujar un objeto, éste se mueva paralelamente al empuje, etc. Sin embargo, las propiedades de los p-prims, especialmente referidos a circunstancias particulares están determinadas típicamente por un largo proceso de desarrollo.

- *Desarrollo por reconocimiento:* los p-prims *no son* eliminados o reemplazados por conceptos científicos. En lugar de eso, muchos p-prims hallan un lugar útil en el complejo sistema que es un concepto científico eficaz. Un p-prim puede llegar a ser conocido como un caso especial eficaz de un principio científico y será usado en lugar del principio en circunstancias convenientes. Sin embargo, los p-prims no funcionarán más como un primitivo explicativo. Las explicaciones físicas necesitan articular responsablemente lo que los p-prims no pueden proporcionar. La función de cambio de los p-prims en el aprendizaje y, de hecho, en la evolución de colección de p-prims, puede ser descrita como “prioridades cambiantes”, grados de fijación a contextos particulares de uso.

Ahora, quizás, es más claro la diferencia entre las propiedades de una teoría científica y un fragmento de conocimiento. Como seguramente ya se intuyó, diSessa es cuidadoso al caracterizar una idea o conocimiento de un concepto. El punto central ahí es si las ideas intuitivas de los estudiantes están organizadas a manera de teorías o son conocimientos intuitivos carentes de organización teórica (para una discusión más detallada véase diSessa y Sherin, 1998; diSessa, 2002).

Hasta ahora hemos descrito los puntos centrales para la presente investigación sobre la teoría del conocimiento en fragmentos. Es posible que se conciba todo lo anterior como algo muy abstracto. Por eso, trataremos de clarificar lo expuesto hasta aquí con dos ejemplos, uno de física intuitiva y otro de la vida cotidiana. Recordemos que para explorar los p-prims diSessa (1983) se remite al contexto de la física, especialmente a la evolución y función de los p-prims en la comprensión de la física científica desde lo ingenuo, pasando por el principiante hasta llegar al experto. Como se vio en la Gráfica 1 muchos ejemplares o diferentes tipos de conocimiento del alumno ingenuo van combinando, modificándose y reorganizándose de manera compleja a medida que inicia (estado principiante) y avanza en su aprendizaje hasta un lograr una nueva configuración en su red causal (ingenuo “sentido del mecanismo”) y lograr así un cambio conceptual (estado experto).

No obstante, algunos p-prims siguen coexistiendo e interactuando con conceptos expertos sofisticados y generalizables en explicaciones de fenómenos científicos e incluso reaparecen en respuestas de expertos cuando no se les da tiempo a reflexionar. Así, los p-prims tanto en estudiantes ingenuos como en expertos siguen siendo productivas ya que respaldan nuevos conocimientos, sustentan sistemas de conocimientos para justificar estrategias más convenientes, actúan como heurísticos que permiten organizar la experiencia en conceptos científicos sirviendo de atajos para generar soluciones y sirven de herramientas para formular y simplificar problemas (Smith y cols., 1993). De esta manera, no tiene sentido

tratar de “sustituir” o “eliminar” p-prims “incorrectos” a lo largo de la vida escolar, sino que tales p-prims pueden ser utilizados como bloques de construcción con los que se edificará un saber más formal. Veamos los siguientes ejemplos: supongamos que dejamos caer una piedra de 3 Kg y otra de 1Kg al mismo tiempo desde el sexto piso de un edificio ¿qué piedra llegará primero al pavimento?.

La mayoría de la gente asegura, como Aristóteles, que la primera por ser más pesada que la segunda. En este evento físico, primero, esperamos que las dos piedras se dirijan hacia abajo porque no hay algo que las detenga. También esperamos que al llegar al pavimento (que debido a la intuición de su consistencia) se queden ahí y no lo traspasen como sucedería si cayeran sobre la superficie del mar. Esperamos que la piedra de 3 Kg llegue primero por ser la más pesada, etc., etc. Estas expectativas las inferimos a partir del comportamiento familiar de los cuerpos sólidos y pesados en el mundo físico.

Pero sucede que el tener tales expectativas es algo automático y no somos conscientes de tenerlas y se manifiestan sólo cuando un aspecto del evento físico viola tales expectativas. Por ejemplo, que al momento de soltar las dos piedras una se dirija hacia arriba y la otra quede suspendida en el aire. Estos sucesos serían contraintuitivos porque va en contra de nuestra intuición o nuestras expectativas relacionadas con el comportamiento de los objetos físicos en el mundo físico.

Finalmente, con base en su conocimiento intuitivo sobre eventos relacionados con el peso, la velocidad, la gravedad, los cuerpos sólidos, etc., la mayoría de la gente responde que la piedra más pesada cae más rápido que la menos pesada, por tanto la más pesada llegará primero al suelo. No obstante, la física científica va en contra del sentido común y afirma que las dos piedras caerán casi al mismo tiempo siempre y cuando estén en caída libre. Para concluir esto, tendríamos que conocer aspectos científicos relacionados con caída libre, aceleración, resistencia, la diferencia entre masa (cantidad de materia) y peso (fuerza debida a la gravedad), la segunda ley de Newton, etc (Hewitt, 1995). Pero como se dijo antes, es raro que las personas comunes formulen hipótesis o hagan experimentos para comprobar su idea errónea y dan sólo respuestas o explicaciones fenomenológicas.

Desde la perspectiva de los p-prims el razonamiento común de la explicación intuitiva anterior no se explica como una reflexión apoyada en una teoría coherente o un marco conceptual sistemático, sino a través construcciones espontáneas que surgen de la experiencia fenomenológica que se ha tenido con el peso, los objetos sólidos y la velocidad. En la respuesta “porque es más pesada cae más rápido” los p-prims serían ladrillos con los que se construirán un conocimiento físico formal relacionado con las leyes de Newton. Así, diSessa (1988)

sostiene que algunos razonamientos de sentido común sobre fenómenos físicos son un puente necesario hacia la comprensión de temas científicos más complejos.

Ahora, supongamos que estamos empujando una carretilla llena de pasto recién cortado y que queremos realizar el trabajo lo más rápido posible, de tal manera que empujamos la carretilla con más fuerza para ir más rápido, pero ¡oh sorpresa! ésta reduce su velocidad y lo hace mucho más entre más fuerte empujemos. Esto nos sorprende porque seguramente no esperábamos eso. Ahora, supongamos que estamos recolectando piedras con la misma carretilla, pero ¡cada vez que colocamos una nueva piedra ésta es más fácil de empujar! (diSessa, 2000). ¿Cómo es esto posible dado que, intuitivamente, sabemos que el pasto pesa menos que las piedras?. Según diSessa existe un elemento particular de conocimiento intuitivo (p-prim) detrás de la sorpresa de esta situación hipotética.

El p-prim aquí es el “primitivo fenomenológico de Ohm” y fue el primero en ser descubierto por diSessa (2000) quien lo explica así: “siempre que vea el esfuerzo invertido para lograr una tarea, esperaré una relación particular entre el esfuerzo y el resultado. Más esfuerzo engendra más resultado. Esta es la clave del Ohm p-prim. Sin embargo, además sabe que siempre hay algún tipo de resistencia implicada en el logro de una tarea. Al empujar cosas alrededor esa resistencia depende del número de cosas, pero todos saben que cosas más pesadas ofrecen más resistencia. Esto es la otra parte del Ohm p-prim: más resistencia engendra menos resultado (o al revés, menos resistencia engendra más resultado)” (p.90).

A esta intuición: más esfuerzo, más resultado; más resistencia, menos resultado, diSessa (2000) le dio el nombre de Ohm p-prim porque hace referencia a la ley de electricidad de Ohm que dice: “si se incrementa el voltaje, se consigue más corriente, y si se incrementa la resistencia en un circuito sin un incremento correspondiente en el voltaje, entonces la corriente disminuye” (p.91). En el ejemplo de las piedras y la carretilla esperaríamos que con más piedras el trabajo sería más lento porque se necesitaría empujar más fuerte ya que las piedras son más pesadas que el pasto. Pero sorprendentemente no es así y la expectativa es violada. Podríamos decir entonces que en esta primera parte del ejemplo los primitivos se activaron mediante estímulos y nos proporcionaron un “sentido acerca del mecanismo” de cómo opera o debería operar el mundo físico y, en este sentido, de una relación esperada causa-efecto.

Otro ejemplo para elicitar el Ohm p-prim es el siguiente: supongamos que tenemos una aspiradora y colocamos la mano sobre el tubo aspirador: ¿subirá o bajará el tono del motor que se relaciona directamente con su velocidad?. Mucha gente dice que el tono debe disminuir. Implícitamente están diciendo que si se interfiere o añade resistencia a una situación sin compensar con un incremento en el esfuerzo, se debería conseguir menos resultado, así que el ventilador en la aspiradora girará más lento.

Este ejemplo tiene truco porque, precisamente, el Ohm p-prim no trabaja: incrementar la resistencia, colocando la mano sobre el tubo aspirador del aparato, hace que el ventilador gire más rápido. El tono del sonido sube. La gente mantiene su creencia en el Ohm p-prim aún ante excepciones. Así, si saben o ven que el tono sube, dicen que la aspiradora debe estar “trabajando más fuerte” para vencer una resistencia incrementada (diSessa, 2000). El Ohm p-prim es un fragmento de conocimiento intuitivo muy poderoso y generalizado que aplica a todas las situaciones donde se empuja, tira o en cualquier otra manera de interacción en el mundo para completar algo, se puede sentir la resistencia siempre que se trata de mover cosas y hay muy pocas excepciones a esta regularidad en el mundo. El Ohm p-prim es una clase de fragmento sencillo y pequeño del conocimiento intuitivo. Lo fenomenológico significa que éste es evidente en nuestra experiencia del mundo: más resistencia, menos resultado; la parte primitiva implica que no podemos tomar estos p-primos aparte y decir cómo trabajan: ¿por qué las cosas se mueven más rápido si las empujamos más fuerte?. No existe una manera de responder esta pregunta. Por lo general se dice que “así es como son las cosas”. Por eso los p-primos no son siempre correctos y a veces no aplican cuando pensamos que lo deberían hacer. En esos casos, nos sorprendemos, pero cuando los p-primos que vemos sí trabajan, lo tomamos con despreocupación.

En *resumen* tenemos que los p-primos son abstracciones relativamente mínimas de fenómenos comunes que son tomados generalmente como “primitivos” ya que no necesitan explicación (diSessa, 1983, 1988). Los p-primos son fragmentos ricos y diversos y constituyen un sistema fundamentalmente fragmentado de conocimiento, son generativos, inarticulados, erróneos, correctos, flexibles y no conectan muy bien con el lenguaje porque a veces es difícil explicarlos con palabras, son, generalmente, obvios y explicativos en sí mismos por lo que raras veces son mencionados explícitamente en explicaciones, son relevantes, pero no podemos hablar explícitamente acerca de ellos bajo circunstancias ordinarias y pueden ser inestables. Los p-primos pueden contradecirse unos a otros dependiendo del contexto y situación en que sean activados o aplicados de manera consciente o inconsciente a fin de responder a un fenómeno específico. Una vez que los p-primos son establecidos a nivel fenomenológico, los p-primos subsiguientes son internalizados y llegan a ser el vocabulario invocado para dar sentido a experiencias posteriores. Así, los p-primos son el resultado de la experiencia con el mundo físico. El proceso de “dar sentido” ocurriría en un nivel cognitivo intermedio lo que explicaría por qué los estudiantes, en gran parte, son inconscientes de la base de su comprensión. Los p-primos tienen también un rol explicativo importante porque permiten al escolar interpretar sus experiencias, no obstante, los p-primos en sí mismos no son explicativos e incluso para el

estudiante no es necesario explicarlos ya que “así suceden las cosas”, tal y como operan con presunciones implícitas sobre cómo trabaja el mundo físico y las relaciones causa-efecto. Los p-prims se codifican visual y kinestéticamente (diSessa, 2000). Por ejemplo, la mayoría sabemos que es posible tener una órbita circular alrededor de un planeta redondo. Los satélites pueden ir en círculos alrededor de la Tierra: ¿qué pasaría si tenemos un planeta cuadrado?. Algunas personas comentan que la órbita debería ser notablemente cuadrada. Esta expectativa no implica músculos o esfuerzo como en el Ohm p-prim, es más bien una visión gestáltica. Así, los p-prims pueden ser diversos. Una modalidad la anterior (visual vs. kinestética) es una dimensión de diversidad. En este sentido diSessa (1993) describe otros p-prims tales como “fuerza como un motor”, “fuerza continua”, “desvanecimiento”, “equilibrio dinámico”, “vencimiento”, “elasticidad”, entre otros. Según diSessa (1993) hay muchas clases de diversidad en el sistema de conocimiento intuitivo. Desde la teoría del conocimiento en fragmentos, muchas explicaciones de los estudiantes acerca de fenómenos físicos no son entendidas como una reflexión de teorías coherentes, sino más bien como construcciones espontáneas resultantes de la activación de p-prims ante un evento específico. El sistema de conocimiento fragmentado tiene una organización débil por lo que las justificaciones de los estudiantes por lo general carecen de profundidad y sus respuestas pueden parecer, por lo general, “ad hoc” en naturaleza. Propiedades de los p-prims (diSessa, 2002):

- **Tamaño y estructura:**

- muchos y pequeños
- relativamente independientes (usados individualmente)
- inarticulados.

- **Orígenes:**

- plausiblemente desarrollados como una única abstracción.

- **Función característica:**

- sentido de naturalidad.

- **Características de operación:**

- reconocimiento típicamente uno por uno
- algunas veces bastante específicos en contextos
- fluidez de datos.

- **Rol en el pensamiento ingenuo:**

- simple instrumentalización (“empujar más fuerte”)
- sorpresa (violación) evocaría atención y aprendizaje.

Según diSessa (2000) existen infinidad de p-prims en lo social, en lo psicológico, en lo biológico, etc. En el presente estudio indagaremos la existencia de p-prims biológicos en escolares entre seis y ocho años de edad.

CAPÍTULO SEGUNDO

INVESTIGACIONES SOBRE CADENAS ALIMENTICIAS

Existen muchas investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias que demuestran que los niños poseen sus propias ideas acerca de determinados fenómenos físicos, químicos, biológicos, etc., a partir de las cuales interpretan la información escolar. Uno de los puntos más importantes de estos trabajos ha sido el reconocimiento e identificación de una serie de ideas previas similares de acuerdo a la edad e independientes de la cultura, el lugar y el tipo educación escolar en diversas áreas y temáticas de las ciencias.

Diversas perspectivas teóricas se han dedicado a investigar las ideas previas con el objetivo, entre otros, de mejorar o transformar la didáctica de la enseñanza de las ciencias de manera que los estudiantes lleguen a construir y poner en práctica en contextos diferentes los conocimientos recibidos en clase. A continuación se exponen algunas investigaciones relacionadas con cadenas alimenticias. Los estudios son publicaciones de los últimos diez años debido a la escasez de trabajos relacionados niños de primaria. En cada investigación expuesta se menciona el nombre con el que los autores llaman a las ideas previas. Asimismo, los resultados han sido organizados en temáticas con el objetivo de facilitar su lectura. Por ejemplo, en una investigación se pudieron identificar diversos resultados relacionados con una o más temáticas.

Antes de 1994 pocos fueron los trabajos realizados sobre concepciones erróneas sobre ecología. Munson (1994) hizo un resumen de los resultados hallados hasta entonces por cinco diferentes autores y cuyos resultados, con estudiantes, arrojaron cuatro concepciones erróneas importantes acerca de tramas alimenticias⁶:

- a. Las tramas alimenticias son interpretadas como simples cadenas alimenticias⁷.
- b. Los organismos en nivel trófico más alto dentro de una trama alimenticia se alimentan de todo lo que está debajo de ella.
- c. La cima de una cadena alimenticia tiene la mayor cantidad de energía porque ésta se acumula arriba de la cadena.

⁶ “Son representaciones de relaciones alimenticias en una comunidad que incluyen todos los enlaces posibles de acuerdo a los análisis dietéticos” (Begon y cols., 1990, p.852).

⁷ “Es una representación abstracta de enlaces entre consumidores y poblaciones consumidas” (Begon y cols., 1990, p.852)

d. Las poblaciones ubicadas en lo más alto de la trama alimenticia aumentan en número porque éstos agotan aquellos ubicados más debajo en la trama.

Munson (1994) resumió también tres concepciones erróneas identificadas por Griffiths y Grant y por él mismo sobre el ecosistema en algunos estudiantes:

a. La variación de una población de organismo sólo afectará a aquellos que están directamente conectados por una cadena alimenticia.

b. La variación de la población de un organismo no afectará un ecosistema porque algunos organismos no son importantes.

c. La variación de una población de un organismo afectará a todos los demás organismos al mismo grado.

Como se verá en los resultados hallados en la siguiente exposición, algunas de estas ideas previas se vuelven a presentar en otros estudiantes, en diferentes tareas y lugares.

Tamaño de los organismos

Gallegos y cols. (1994) encontraron que niños mexicanos entre 9 y 12 años de edad establecen relaciones predador-presa guiadas por el tamaño del predador. Por ejemplo, las relaciones águila-ratón, pájaro-gusano, sapo-grillo, tigre-venado y lobo-conejo fueron las más reconocidas por toda la muestra. Asimismo, documentaron que el 27.3% de los niños de diez años, el 30.5% de los de once y el 25.2% de doce años formaron cadenas marinas invertidas iniciando con el último predador por ser el más grande y furioso. Bajo la misma lógica formaron cadenas terrestres. El 63.1% de la muestra formó cadenas terrestres invertidas, de este porcentaje el 16.4% formó la cadena alimenticia iniciando con la planta y terminado con el león, mientras que el 20.8% inició la cadena con el león y terminó con la planta. Así, los niños construyeron cadenas alimenticias por las puntas identificando el primer y último organismo. Por ejemplo los niños iniciaban con el productor (la planta) o con cualquier otro predador como el león, el tiburón o el águila. Sin embargo, el tamaño y la ferocidad del predador determinaron el nivel trófico⁸: la planta fue considerada como primer organismo al ser concebida como el organismo menos defensivo y más pequeño, mientras que último miembro era predador por ser el más grande y furioso, como el león y el tiburón.

⁸ Todas las cadenas alimenticias se inician con un organismo autótrofo, después intervienen los consumidores primarios, luego los secundarios y por último los consumidores de tercer orden. Cada nivel de consumo a lo largo de la cadena alimenticia recibe el nombre de *nivel trófico* (Kimball, 1986).

Reiner y Eilam (2001) reportaron que para chicos de noveno grado entre 14 y 15 años de edad, el tamaño de los organismos es un factor principal en las cadenas alimenticias porque para éstos los organismos grandes *siempre* se comen a los más pequeños. Para reconocer cadenas alimenticias completas los alumnos se basaron en tamaños jerárquicos donde el organismo más grande se come al más pequeño. Para dos chicos, antes y después de la intervención, una cadena sí era limitada debido al tamaño de los organismos porque “algunos organismos son tan grandes que no hay organismos más grandes que ellos que se los coman” (p.562). Esta respuesta mecanicista indicó que una cadena alimenticia es entendida como una serie jerárquica de organismos en la que se comen unos a otros de acuerdo al orden de su tamaño. Para otros chicos el tamaño o número de organismos de una cadena es limitado por lo que su longitud también lo es. El razonamiento seguido reveló que la respuesta no se basaba ni consideraba la energía del ecosistema, sino que se basó en un argumento “técnico” del tamaño de la población: “la longitud está limitada por el número de organismos que existen en el mundo”, “la longitud está limitada porque siempre hay un organismo particular que es el más grande que los otros. Éste es el último comelón”.

Organismos productores⁹

Gallegos y cols. (1994) encontraron que los niños entre 9 y 12 años de edad, no conciben a la planta como organismo productor. Al construir cadenas alimenticias, los niños iniciaban con la planta no por concebirla como productora, sino por representarla como la más pequeña y menos defensiva.

En un estudio con niños y niñas entre 11 y 12 años de edad, Hogan y Fisherkeller (1996) mostraron que, aún siendo capaces de mencionar que distintos animales tienen diferentes y predominantes fuentes de comida y que los descomponedores, formados por los hongos y bacterias que descomponen en sustancias más simples la materia orgánica de los cadáveres de los productores y consumidores (Mader, 2000), son parte de una cadena alimenticia, fueron incapaces de generalizar que todos los animales dependen de las plantas para su sobrevivencia aunque no se alimenten directamente de ellas. Así, estos chicos fueron incapaces de generalizar que los productores son la base de una cadena alimenticia.

⁹ Los organismos autótrofos hacen su propia comida. Se los conoce también como *productores*. Los fotoautótrofos son los fotosintetizadores que producen la mayoría de comida para la biosfera. Las algas y hierbas del mar son las responsables de la fotosíntesis en hábitats acuáticos. Las algas constituyen el *fitoplanton* que es fotosintetizado por organismos suspendidos en el agua. En la tierra, las plantas son las fotosintetizadoras principales (Mader, 2000).

Después de la intervención, muchos de los adolescentes estudiados por Reiner y Eilam (2001) sí incluyeron un productor y consumidor en una cadena alimenticia, sin embargo, los chicos no siempre incluyeron un productor como primer enlace de una cadena alimenticia. Para la mayoría, un productor debía ser un organismo completo como la planta y no sólo una parte de él, como el néctar por ejemplo.

Cuando a alumnos entre 16 y 18 años de edad de tres diferentes países se les pidió una descripción básica de una cadena alimenticia, la mayoría, a pesar de ya haber revisado el tema en clase, no mencionó los términos productor o consumidor. Sólo dos chicos de Estados Unidos (6%), cuatro de Canadá (12.5%) y tres de Australia (9%) mencionaron tales términos, pero la mayoría, en los tres países, describió una cadena basándose en relaciones alimenticias, es decir, en cómo un organismo se alimenta de otro (Barman y cols.,1995).

En otro tipo de contexto y tarea, chicos de octavo grado de Estados Unidos sí consideran el rol del fitoplancton como alimento del que dependen otros organismos y las posibles consecuencias indirectas que tendrían sobre especies localizadas en niveles inferiores y sin relación directa con el molusco cebra (Hogan, 2002). Estos niños recomendaron introducir un parásito al río Hudson que afectaba sólo al molusco cebra (*Dreissena polymorpha*) que es una especie invasiva que se reproduce muy rápido, tapa pipas de agua, devoran filtros de agua, etc. Una especie invasiva no es nativa de un ecosistema y su introducción causa o tiene la probabilidad de causar daños económicos y ambientales o perjudicar la salud humana¹⁰.

Concepción de flujo y transferencia de energía

Estos dos aspectos tienen que ver con la *pirámide de energía* y se pueden describir a través de los acontecimientos y cambios de los *niveles energéticos* de un nivel trófico a otro, es decir, de la eficacia de la transformación y la conservación de la materia y la energía en un ecosistema. La cantidad de energía y componentes orgánicos que existen en cada nivel trófico dependerán de la eficiencia de la transformación de energía. Cuando existe una transformación de energía altamente eficaz, casi toda la energía es consumida (cerca del 80%). En cambio en una transformación con baja eficacia, muy poca energía es transformada (cerca del 20%). En una cadena alimenticia no todos los cuerpos de los animales, plantas o materiales como cáscaras, huesos, etc., son consumidos y aprovechados por los organismos del nivel trófico superior por lo que la transferencia de materia y energía no es 100% eficiente de un nivel trófico a otro (Mader, 2000; Gómez y cols.,1974)

¹⁰ <http://www.invasivespeciesinfo.gov/whatis.shtml>

Niños y niñas de 12 años de edad al ser incapaces de generalizar que los productores son la base de las cadenas alimenticias, carecen de una comprensión del alimento como un material compuesto de energía y de cómo la energía solar es transformada en energía química durante la fotosíntesis en la dinámica de una cadena alimenticia (Hogan y Fisherkeller, 1996).

En el post test ninguno de los 28 adolescentes de noveno grado investigados por Reiner y Eilam (2001) incluyeron elementos abióticos¹¹ en la cadena alimenticia y, todos los que sí lo hicieron en el pre test, los omitieron en el post test cambiando su perspectiva a una descripción completa de una cadena alimenticia. En el post test sólo un niño mencionó la conservación de la energía como razón de la limitación de una cadena alimenticia. Así, la mayoría de los chicos ignoraron totalmente la idea de que una cadena alimenticia también es un proceso a través del cual la materia y energía son transformadas y conservadas en un ecosistema. Por tanto, eventos como la putrefacción y la producción no necesariamente forman parte de una cadena. Tales eventos son percibidos como dos cosas divididas y por lo tanto dos procesos fragmentados y sin relación pero aplicados en más de una situación. En este sentido son consistentes pero internamente incoherentes.

De manera similar, la mayoría de los chicos de los tres países estudiados por Barman y cols., (1995), al describir una cadena alimenticia en términos de relaciones alimenticias (un organismo se come a otro o quién se come a quién) omitieron la idea abstracta de transferencia de energía a través de la cadena. Sólo cuatro chicos americanos y cuatro de Canadá (12.5%) y ocho de Australia (25%) describieron una cadena alimenticia como un mecanismo de transferencia de energía. Y, sólo un chico de Estados Unidos, dos de Canadá y tres de Australia describieron las relaciones alimenticias de una trama en términos de transferencia de energía.

Chen-Yung Lin y Reping Hu (2003), por medio de mapas conceptuales, investigaron la comprensión de flujo de energía y ciclos de la materia en el contexto de fotosíntesis, respiración y cadenas alimenticias con 106 estudiantes de primer año de secundaria (12-13 años de edad) de Taipei-Taiwan. El flujo de energía y ciclos de la materia a nivel de organismos se representó en la concepción de cadenas alimenticias y sus tres principales elementos: productores, consumidores y descomponedores. Esa fue la categoría de Conocimiento Fenomenológico. A nivel celular el flujo de energía y ciclo de la materia se encuentran en el proceso de fotosíntesis y respiración. Esa fue la categoría de Conocimiento Mecánico. Y, a nivel molecular, el flujo de

¹¹ Los *factores abióticos* o “no vivos” se aplican a los aspectos químicos y físicos del ambiente de un organismo tales como la humedad, temperatura, nutrientes, oxígeno disuelto, luz solar, etc., y los *factores bióticos* o “vivos”, es un término que se utiliza para designar los aspectos biológicos del ambiente como la influencia de otros organismos (Begon y cols., 1990; Mader, 2000)

energía y ciclo de la materia se tomó en términos de materia y energía. Esa fue la categoría de Conocimiento Físico. Encontraron que la mayoría de los chicos tuvo una débil comprensión de varios conceptos excepto con el de fotosíntesis. Algunos mapas conceptuales fueron lineales y sin ninguna interrelación entre los conceptos. Más de 2/3 de la muestra tuvo una fuerte o moderada comprensión del concepto de fotosíntesis y alrededor de 1/3 de los estudiantes tuvo una fuerte o moderada comprensión del concepto de cadenas alimenticias. Sin embargo, sólo un poco más del 30% mostró una comprensión moderada del concepto de respiración. Como no hubo una medición directa para la comprensión de los estudiantes de materia y energía *per se*, las categorías de conocimiento que medían las propiedades relacionales de materia y energía, sirvieron para estimar la comprensión de los chicos y encontraron que éstos tuvieron una mejor comprensión de Conocimiento Fenomenológico y Mecánico que el Conocimiento Físico. La comprensión más débil en el concepto de materia y energía en la categoría de conocimiento Fenomenológico pudo haber sido la clave que entorpeció la conexión de los estudiantes de varios aspectos del concepto. El concepto de respiración fue confundido frecuentemente con aliento y su término principal, energía, fue un concepto muy vago para los chicos más jóvenes. Así, la comprensión de energía y materia de los estudiantes fue pobre lo que explicaría las diferencias en términos de habilidad de los chicos para aprehender el concepto de fotosíntesis y respiración.

Organismos descomponedores

Para algunos de los ocho niños de sexto grado entrevistados por Hogan y Fisherkeller (1996) los organismos descomponedores son los responsables de la descomposición porque utilizan la materia muerta como comida, otros en cambio omitieron el enlace del organismo descomponedor como la causa de la descomposición. Los autores también documentaron una confusión con el término “descomponedor”. Éste, para los niños, es en sí era una cadena alimenticia, produce su propia comida y que las cosas muertas se derriten y, a veces, los insectos se alimentan de ellas. Así, la descomposición fue percibida como un fenómeno biológico y como un proceso físico y misterioso. Por su parte, los estudiantes que entendieron que los descomponedores desintegran las plantas y animales muertos, fueron capaces de explicar este proceso en términos de la necesidad de los descomponedores para consumir alimentos. No obstante, la mayoría de los alumnos también dijo que la descomposición es como el inicio de la última parte de un proceso físico similar a un “desgaste”. Los autores también identificaron una confusión sistemática del término “cadena alimenticia” con diferentes significados de términos como el de nutrición, grupos alimenticios como parte de una cadena

tales como el sodio, la grasa, el colesterol, etc. El término “consumidor” fue relacionado con alguien que comprar algo y la palabra “descomponedores” fue asociada con digestión

Los descomponedores también fueron omitidos antes y después de la intervención de meses, por la mayoría de chicos de edades más avanzadas (14-15 años, noveno grado) (Reiner y Eilam, 2001).

Modificaciones poblacionales¹²

Barman y cols. (1995) identificaron seis concepciones erróneas respecto a las modificaciones poblacionales dentro de una trama alimenticia en 96 chicos (32 por cada estado) entre 16 y 18 años de tres países diferentes:

1. El 12.5% de chicos de Estados Unidos, el 16% de Australia y el 25% de Canadá consideraron que un cambio en una población de una trama alimenticia, no pasará a través de muchos y diferentes enlaces de la misma. Así, la dinámica alimenticia de la trama fue interpretada en términos de una cadena alimenticia, por lo que estos chicos fallan al considerar cómo un cambio en una población podría impactar en diferentes enlaces de la trama alimenticia. De esta manera, la atención sólo se centra en un enlace o en una cadena alimenticia. Esta preconcepción reveló que los alumnos no han internalizado todavía el concepto de trama alimenticia a pesar de que fue percibida como más realista que una cadena alimenticia. Entonces, una trama alimenticia es percibida como muchas y únicas cadenas alimenticias y no como una unidad interrelacionada.
2. El 12.5% de estudiantes de Estados Unidos, el 22% de Australia y el 22% de Canadá consideraron que un cambio en una población afectará a otra población sólo si las dos están relacionadas como predador-presa. Así, los estudiantes fallan al reconocer las interacciones de una trama alimenticia.
3. Sólo para el 6% de los chicos de Canadá, una población localizada en lo más alto de una cadena alimenticia dentro de una trama alimenticia es un predador de todas las poblaciones localizadas debajo de ella en la cadena.

¹²Desde una concepción ecológica la modificación de la población de un organismo afecta a todo el ecosistema porque las poblaciones existen en un estado de equilibrio dinámico, fluctuando en números alrededor de un promedio de tamaño de población (Munson, 1994).

4. Para el 3% de chicos de Australia y 16% de Canadá un cambio en el tamaño de una población de las presas no tiene influencia sobre la población de sus predadores.

5. Si el tamaño de una población en una trama alimenticia es alterado, todas las otras poblaciones se alterarán en la misma forma (3% de Estados Unidos, 6% de Australia y 9% de Canadá). Pocos alumnos consideran que si algo ocurre en una población en la trama alimenticia, los mismos efectos ocurrirán a todas las poblaciones. Así, estos estudiantes no se dan cuenta de que otras variables podrían también tener un rol en las interacciones generales de la trama alimenticia.

6. Para el 9% de adolescentes de Estados Unidos, el 3% de Australia y el 3% de Canadá un cambio en la población de un consumidor de primer orden, como la de los ratones o conejos de la trama que se les presentó, no afectará una o más poblaciones de productores. Estos alumnos tienen dificultades para comprender cómo problemas como la sobrepoblación podría tener un efecto devastador en un ecosistema. Esta preconcepción es primordial porque al parecer estos chicos no percibieron o ven más allá los efectos en la alteración numérica en la relación productor-consumidor.

Concepciones similares se identificaron en adolescentes de edades más cortas, entre 14 y 15 años de edad (Reiner y Eilam, 2001). Para la mayoría de los estos alumnos de noveno grado, en el pre y en el post test, comentaron que si un organismo previo de un enlace en la cadena se pierde, el organismo siguiente puede alimentarse de organismos alternativos (visión de trama alimenticia), que todos los elementos que están después del organismo extinto también desaparecerán y que la población del organismo previo aumentará. Las dos últimas concepciones son correctas, pero ninguno mencionó ambas ideas. La mayoría nombró la extinción. Así, las cadenas alimenticias son percibidas de manera lineal, mecanicista y como una jerarquía de sostén para la sobrevivencia. Esto es, si la fuente de comida se extingue (el enlace perdido) aquellos que se alimentan de ella también llegarán a extinguirse.

En el trabajo de Hogan (2002), un grupo de tres estudiantes de octavo grado que recomendó mantener a la especie invasora (molusco cebra) en el río Hudson consideró un cambio ecológico de especies nativas a especies no endémicas como un simple reemplazo de una especie por otra. Así, estos alumnos no consideraron los posibles impactos sobre las especies endémicas de un ecosistema. Tampoco consideraron las posibles modificaciones directas o indirectas sobre 7 especies localizadas en niveles inferiores a aquellas que aumentaban o disminuían directamente a causa del molusco cebra. Un grupo que recomendó

erradicar al molusco cebra por medio del parásito, sí consideró las posibles consecuencias indirectas que tendría sobre especies localizadas en niveles inferiores y sin relación directa con el molusco cebra. Fueron más allá de las relaciones directas entre organismos que estaban localizados en ciertos niveles de la trama alimenticia reconociendo los efectos indirectos de quitar especies ubicadas en niveles más lejanos del organismo clave. Este grupo consideró las complejas conexiones ecológicas, el flujo de tamaño de las poblaciones y las dinámicas sistemáticas temporales. Por otra parte, este grupo argumentó que algunas especies del río no se llegarían a “adaptarse” [ajustarse] al molusco y que si las plantas acuáticas microscópicas no estarían ahí, otros organismos no tendrían alimento o energía y desaparecerían lo que podría causar que toda la cadena alimenticia se deshaga. Así, utilizaron un argumento sobre cadenas alimenticias para construir uno sobre la probabilidad de un exitoso ajuste [poblacional] de los organismos a las nuevas condiciones ambientales. Hablaron también de cambios y adaptaciones. Vieron que algunas poblaciones de patos habían aumentado desde la introducción del molusco cebra y se preguntaron qué pasaría con esas poblaciones si quitaban al molusco. Concluyeron que los patos serían capaces de reajustarse para vivir sin el molusco porque los patos deben haberse estado alimentando de algo antes de la llegada de la especie invasora. Así, el grupo habló sobre cómo los organismos se adaptan rápidamente a los cambios ambientales. Comentaron también sobre cuánto tiempo tardaría el molusco en descomponerse y que los restos serían el alimento de otros organismos.

Relaciones predador-presa

Gallegos y cols. (1994) encontraron que niños entre 9 y 12 años eligen presas para predadores de acuerdo al tamaño de éste último, que en una de las cadenas terrestres que incluía una planta, un venado, un león, un venado muerto y un buitro las relaciones predador-presa estuvieron compuestas por no más de tres organismos como por ejemplo, la relación león-venado-planta y la relación buitro-venado muerto. Sin el buitro la mayoría de las construcciones de esta cadena hubieran sido correctas debido a que las preconcepciones y la relación predador-presa fueron suficientes para resolver este tipo de cadena. Los autores concluyeron que las relaciones predador-presa de “quién se come a quién” o “quién es comido por quién” guiaron la formación de cadenas alimenticias.

Shepardson (2002) encontró que los niños de preescolar y primaria de Estados Unidos tienden a explicar las relaciones alimenticias entre insectos como libélulas, hormigas, moscas, mosquitas de agua, saltamontes, mariposas, escarabajos, áfidos y orugas de manera unidireccional. Los chicos pudieron mencionar qué es lo que come un insecto pero no qué o

quién se come al insecto, es decir no expresaron ideas sobre las relaciones predador-presa de los insectos. La idea de qué es lo que comen los insectos se presentaron en las explicaciones de niños de 3ro a 5to grado. Las ideas sobre hábitos alimenticios enfatizaron a los insectos como herbívoros y perjudiciales para las plantas y los humanos. Cuando se pidió a niños de 3er y 4to grado que dibujaran dos insectos, la mayoría trazó una araña y en sus explicaciones, los niños de tercero incorporaron aspectos de nichos ecológicos en los que los insectos comen plantas o a otros insectos. La idea de que los insectos se alimentan de otros insectos tendió a ser descrita por aquellos que dibujaron arañas (que no son insectos) porque “las arañas tejen telarañas para atrapar otros insectos” (p.635).

La mayoría de los adolescentes de los tres países estudiados por Barman y cols. (1995) dieron una descripción básica de cadena alimenticia basándose en relaciones alimenticias, es decir, en cómo un organismo se alimenta de otro. La mayoría relacionó con flechas unidireccionales los organismos proporcionados con base en la idea de qué organismo se comería cuál. Para la mayoría de los participantes de los tres países, Canadá, Estados Unidos y Australia, una trama alimenticia fue reconocida como una relación alimenticia más realista dentro de un ecosistema. En este sentido, algunos estudiantes explicaron que “una trama alimenticia es como una cadena alimenticia donde una cosa se come a otra y otra se come a otro, por lo que debe haber muchas cadenas alimenticias en una trama alimenticia. Esto es lo que existe en la naturaleza” (p.778).

Para algunos niños de primaria entre 11 y 12 años de edad y jóvenes de secundaria entre 15 y 16 años de edad de Australia, algunos organismos no tienen un “rol en la naturaleza”¹³ porque no tienen predadores. Aparentemente un “rol” importante de un organismo es el de proporcionar de comida a otros organismos vivos. Para algunos niños, la medusa por ejemplo no tiene ningún rol en la naturaleza porque no sirve de comida para otros organismos debido a que es venenosa (Palmer, 1999).

Roles de los organismos

Palmer (1999) encontró que para algunos niños entre 11 y 12 años de cinco escuelas primarias y para jóvenes entre 15 y 16 años de dos secundarias australianas algunos organismos de la naturaleza no tienen roles significativos en la naturaleza. El 46% de niños y el 18% de los

¹³ Se refirió al tipo de habitats preferentes, a cadenas y tramas alimenticias en los que están involucrados y a las características estructurales y conductuales que les permiten sobrevivir e interactuar con su ambiente (Palmer, 1999, p.641)

jóvenes revelaron concepciones alternativas sobre el rol biológico a partir de las cuales explicaron que algunos organismos:

- No tienen roles en la naturaleza porque sólo tienen un efecto negativo sobre los organismos que están a su alrededor (69% de los niños de 12 años y el 75% de los chicos de 16 años). El argumento fue que los organismos repugnantes, dañinos y desagradables no ayudan a la naturaleza, por lo tanto no tienen un rol. Eso se aplicó a la pulga, la mosca, los gérmenes, la medusa y, en menor medida, el escarabajo, el pájaro, el alga, la serpiente, la estrella de mar y al hongo.

- No tienen roles en la naturaleza porque no hacen nada significativo en su ambiente, sólo “están” ahí (59% de los niños de 12 años y 75% de los chicos de 16 años) Esta idea se aplicó con frecuencia a la medusa, la estrella de mar, el canguro y el alga. Así, la idea es que un organismo sólo tiene un rol si hace cosas positivas para el medio ambiente y no lo tiene si no hace nada o hace cosas negativas.

Juicios antropocéntricos y teleológicos

Hogan (2002) identificó que un grupo que recomendó introducir al parásito para erradicar del río a la especie invasora molusco cebra, se basó en juicios antropocéntricos. El grupo favorecería o desestimaba organismos basándose en si las personas los utilizaban para sobrevivir, para recreación o disfrute estético. Estos niños utilizaron demasiados juicios antropocéntricos para evaluar el valor de varias especies al debatir los pros y contras de remover al molusco del río. Por ejemplo, cuando hablaron sobre una baja potencial en la población de patos si el molusco cebra era removido lo hicieron evaluando la importancia de los patos para el hombre: “poca gente come patos, por lo tanto no se necesitan tantos patos” o “si la población de los patos aumenta, se los podrían cazar” o “no se necesitan muchas plantas acuáticas largas porque atascan los motores de los botes” o “como poca gente pescan en el río Hudson, no se necesitan muchos huevos de pescado” (el que los pescados tengan dificultades para dejar sus huevos en la superficie si el molusco se acumulaba no tuvo importancia), etc. Así el rol y la importancia de los patos, los pescados y las plantas acuáticas en el ecosistema tuvo poca importancia, más bien se centró en el rol que estas especies podrían tener para las necesidades humanas. Su acuerdo sobre el valor de varias especies que eran afectadas directamente por el molusco excluyó cualquier discusión sobre la dinámica ecológica compleja. Recomendaron introducir el parásito para erradicar al molusco sin considerar los pro y contras ecológicos de la decisión.

En el estudio de Palmer (1999) el 35% de los niños (11-12 años) y el 61% de los jóvenes (15-16 años) consideró que todos los organismos presentados sí tienen un rol en la naturaleza, sean medusas, pulgas, bacterias, hongos, etc., con base en ideas antropocéntricas. Por ejemplo, comentaron que “los árboles producen oxígeno para los humanos y sin los árboles no podríamos vivir”. Para algunos niños y jóvenes sin embargo, algunos organismos no tienen roles en la naturaleza porque la gente no los necesita. Así, el rol biológico es significativo sólo si sirve de manutención para los humanos.

Southerland y cols., (2001) encontraron que alumnos de segundo, quinto, octavo y doceavo año de tres regiones diferentes de Estados Unidos emplearon razonamientos teleológicos¹⁴ para explicar varios fenómenos biológicos. Las medias de la frecuencia de este tipo de razonamiento fue de 18.3 en segundo año, 20.7 en quinto, 22.3 en octavo y 21 en quinto año escolar. Por ejemplo, los estudiantes explicaron que la planta crece hacia el sol porque necesita la luz para la comida, que los patos emigran al sur en el invierno porque necesitaban mantenerse calientes, que el ptarmigan (ave que cambia su plumaje en invierno a blanco y en verano a café) necesita mezclarse con el ambiente, etc.

Actitudes hacia algunos organismos

Thompson y Mintzes (2002) trabajaron con niños de quinto, octavo y onceavo grado, con sujetos de un curso de psicología cognitiva, con adultos retirados de un campamento de biología marina y con estudiantes de un curso de biología marina y encontraron una relación directa entre el nivel educativo, el género, la estructura de conocimiento y el tipo de actitudes hacia los tiburones. Utilizaron mapas conceptuales y la escala actitudinal hacia los tiburones basada en las tipologías actitudinales de Kellert (1976, en Thompson y Mintzes, 2002).

La estructura de los mapas conceptuales tuvieron un nivel de organización y elementos más complejos entre más avanzado era el nivel educativo de los sujetos, es decir, tenían más elementos, conceptos, niveles jerárquicos, ejemplos y enlaces. Por ejemplo, el mapa conceptual de una niña de quinto grado contenía 17 conceptos, 20 relaciones, 3 niveles jerárquicos, 8 ejemplos de ramificaciones y ningún enlace transversal, el mapa conceptual de un niño de onceavo grado era más complejo, mientras que el de una mujer adulta fue significativamente más complejo y maduro en su estructura de conocimiento.

Respecto a la estructura del conocimiento se encontró un aumento gradual en todas las variables como una función del nivel educativo. En general, los puntajes más bajos los

¹⁴Las explicaciones se basan en que los fines son considerados como el agente a determinar la naturaleza de los fenómenos (Southerland y cols., 2001, p.332)

obtuvieron los estudiantes de primaria y educación media; los participantes del curso de psicología cognitiva, los de preparatoria y los adultos retirados revelaron un nivel intermedio de complejidad mientras que los estudiantes de biología marina tuvieron puntajes más altos.

En cuanto a las actitudes, los alumnos del curso de biología marina revelaron actitudes de interés en experiencias directas con animales y exploración de la naturaleza así como actitudes de interés en los atributos físicos y las funciones biológicas de los animales. Obtuvieron bajos puntajes en la categoría actitudinal utilitaria relacionada con el valor práctico y material de los animales, partes de sus cuerpos y/o sus hábitats a diferencia de los sujetos de niveles educativos inferiores que obtuvieron puntajes altos en esa categoría.

Referente al género se encontró que, en general, los hombres tuvieron puntajes altos en las categorías de actitudes utilitaria y naturalista mientras que las mujeres lo hicieron en la categoría de actitud moralista relacionada con los derechos y el maltrato de los animales, con una fuerte oposición hacia la exploración y crueldad de los animales. Por último, tanto hombres como mujeres tuvieron puntajes similares en la categoría actitudinal científica relacionada con interés en los atributos físicos y las funciones biológicas de los animales.

Kellert (1976, en Thompson y Mintzes, 2002) encontró que las actitudes hacia la vida salvaje y el ambiente natural de los niños cambian a lo largo de los años escolares. Halló que las actitudes de niños entre 6 y 9 años de edad se centran principalmente en relaciones afectivas y emocionales hacia los animales, mientras que las actitudes de niños entre 10 y 13 años se centran principalmente en una comprensión cognitiva y factual, misma que fue cambiando hacia una visión ética y de conciencia ecológica sobre el rol de los animales en sus hábitats.

Shepardson (2002) identificó que desde el preescolar hasta el primer grado de primaria los niños ve la interacción insectos-humanos en términos dañinos o doloroso (morder o picar), mientras que los alumnos de 3er y 4to grado los ven como determinantes en la agricultura, horticultura (comen plantas, flores y raíces) pero también los perciben como de daño directo a los humanos.

En síntesis tenemos que muchos estudiantes de diferentes lugares describen cadenas alimenticias como series jerárquicas de orden en las cuales un organismo se alimenta de otro de acuerdo a ciertas características como su tamaño, ferocidad, docilidad, pasividad, etc. En la construcción de cadenas alimenticias, por lo general, los organismos consumidores y productores son omitidos así como también la concepción de cadena alimenticia como transferencia de energía. Con la educación algunas concepciones respecto a cadenas y tramas

alimenticias cambian, sin embargo otras se mantienen, son retomadas y aplicadas a diferentes contextos y generan nuevas ideas.

Una vez conocidas algunas ideas previas sobre cadenas alimenticias en estudiantes de diferentes niveles escolares, hemos considerado importante hacer una descripción de los temas y conceptos relacionados con ecología y cadenas alimenticias que los estudiantes de la presente obra revisan en la escuela. A continuación presentamos una descripción de los libros de texto de primero, segundo y tercer grado de educación primaria editados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en el ciclo escolar 2003-2004. Esta descripción nos ayuda a conocer, en parte, si los conceptos escolares de dichos textos juegan algún rol en las concepciones de los escolares sobre cadenas alimenticias.

Cabe señalar que los textos descritos aquí fueron utilizados por las maestras y niños de los grados investigados. Hemos utilizado letras cursivas en las definiciones textuales que los libros utilizan a fin de identificar elementos conectados con cadenas alimenticias. Asimismo, con el término “aprenden” utilizado aquí no pretendemos dar por sentado que todos los escolares hayan aprendido, comprendido o asimilado los conceptos de los textos tal y como ahí se presentan. Lo anterior también aplica a los términos “revisar” y “conocer” porque no podemos asegurar que las maestras hayan enseñado los conceptos y temas tal y como se presentan en los textos. Por ejemplo, la maestra de tercer grado de la escuela con la que se trabajó, en el tema de cadenas alimenticias, optó por dejar que los niños en grupos de tres expusieran el tema y ella sólo se dedicó a corregir los errores. La adquisición de conocimientos depende de muchos factores y no sólo del libro de texto.

Esta descripción de conceptos nos ayuda a conocer una de las tantas fuentes de información que los niños utilizarían en sus concepciones relacionadas con cadenas alimenticias. Si la información que utilizan proviene en su mayoría de estos libros, entonces su descripción nos permitirá saber con precisión cuáles conceptos son retomados de los textos y cuáles no.

REVISIÓN DE LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS NATURALES EDITADOS POR LA SEP DE PRIMERO, SEGUNDO Y TERCER GRADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

En *primer grado* los niños usan un texto en el que, a diferencia de niveles posteriores donde existe un libro para cada materia del currículum, se integran todos los temas a revisar en el ciclo escolar. El texto se llama “Libro Integrado” y los temas están distribuidos en 8 bloques. Los niños revisan principalmente normas sociales, aspectos de aseo personal, algunos pasajes de la historia de México, etc. Los temas relacionados con ciencias naturales se encuentran en el capítulo 5 “Las plantas y los animales” (Chapela, 2002a) En este capítulo, entre otras cosas, se enseña que la naturaleza está compuesta de seres vivos y que éstos tienen un ciclo de vida. En el tema “Las plantas” se dice: *“Para conseguir su alimento, las plantas no tienen que cambiar de lugar. Las plantas toman de la tierra, del aire, del agua y del sol, todo lo que necesitan”* (Chapela, 2002a, p.100). En otro tema titulado “Los animales”, se explica que *“para conseguir, su alimento los animales necesitan cambiar de lugar. Los animales toman su alimento de las plantas y de otros animales”* (Chapela, 2002a, p.101). Así, las ideas principales están relacionadas con la producción y generación del propio alimento de las plantas, que los animales se alimenta de ellas y que la acción de movimiento de éstos es importante para buscar y conseguir comida.

El libro de *segundo grado* también consta de 8 bloques en los que los niños revisan temas para conocer su localidad, sus deberes y derechos, a leer la hora, normas, costumbres y valores, higiene, algunos pasajes de la historia de México, etc. Resaltar a este nivel, el acercamiento a seres microscópicos a través del tema “Los microbios” (Chapela, 2002b). Ahí se describen a los microbios como la causa de las enfermedades, que son pequeñísimos e imposibles de ver a simple vista y se recalca la importancia de la higiene.

Los escolares conocen los elementos del medio ambiente en el tema “El ambiente” del bloque 4 titulado “La localidad”. Se explica que *“el ambiente está formado por el suelo, agua, sol y aire. Gracias a estos elementos existe la vida en la Tierra”* (Chapela, 2002b, p.88). Se menciona a los seres vivos e inertes como parte del ambiente y los diferentes tipos de paisajes y sus cambios. En el tema de “Los cambios del ambiente” del mismo bloque se recalca las consecuencias de la acción humana en el medio y la necesidad de cuidarlo para mantener el equilibrio de la naturaleza: *“El ambiente también cambia por la acción de las personas. (...) Es necesario cuidar que nuestras acciones no rompan con el equilibrio de la naturaleza. El cambio*

que se produce en el ambiente afecta a todos los habitantes del planeta Tierra” (Chapela, 2002b, p.91)

En el bloque 5 titulado “Las planta y los animales”, en el tema “Semejanzas y diferencias entre las plantas y los animales”, se señala que la principal diferencia entre plantas y animales es la forma de alimentarse: “(...) *los animales se mueven para conseguir su alimento; en cambio, las plantas permanecen en un mismo sitio, porque elaboran su propio alimento a partir del agua, la tierra y los rayos del sol*” (Chapela, 2002b, p.107) y que los animales que viven en el mar, ríos y lagos se llaman seres acuáticos y que en el agua encuentran todo lo que necesitan para reproducirse y alimentarse, mientras que aquellos que viven en los bosques, los desiertos, praderas y selvas se llaman seres terrestres y que para estudiarlos se los agrupan de acuerdo a sus semejanzas como aquellos que vuelan, se arrastran, caminan, el lugar donde viven o según el color de sus cuerpos. En el tema “La alimentación” se expone que las plantas “*toman su alimento del suelo, a través de sus raíces, y, con la ayuda del agua, absorben los nutrientes de la tierra. Para vivir necesitan sol y aire*” (Chapela, 2002b, p.114) En el bloque 7 titulado “Los cambios en el tiempo”, el rol de la energía solar es descrito como algo fundamental para la vida en la Tierra: “*Sin la luz del sol no habría plantas sobre la Tierra y, sin ellas, no sería posible la vida de los hombres ni de los animales, pues nos quedaríamos sin alimento*” (Chapela, 2002b, p.142)

En *tercer grado* el libro de texto de ciencias naturales está formado por cinco bloques. En el tema “Aire para respirar” del bloque 2 los escolares aprenden que las plantas respiran por medio de estomas que son “*poros pequeñitos, localizados en las hojas, que no se pueden ver a simple vista*” (Barahona y cols., 2002c, p.55). En la lección 13 titulada “¿Cómo beben y respiran las plantas?” del mismo bloque, se explica que las plantas toman agua gracias a las raíces, que respiran y eliminan agua por medio de sus hojas. La lección 15 titulada “Los usos de las plantas” se expone que existen muchísimas formas de aprovechar las plantas. Por ejemplo, se menciona que sirven para hacer hojas de papel, que de los troncos se hacen casas y muebles, para fabricar ropa y medicinas, para uso en festividades, para adornar las casas, etc.

En el bloque 3 titulado “Alimentos y nutrición” los chicos aprenden los conceptos científicos con que se nombran a las acciones que han venido aprendiendo desde los dos grados anteriores. Así, en la lección 17 “Las plantas fabrican alimento” se explica que las plantas “*(..) hacen algo que los demás no podemos hacer: son las únicas que producen su propio alimento a partir de agua, dióxido de carbono y la luz solar. Este proceso se llama fotosíntesis*”(Barahona y cols., 2002c, p.78) Se describe con más detalle el proceso de la fotosíntesis y se destaca la importancia de “*no confundir la fotosíntesis con la respiración en las*

plantas, aunque ambas se llevan a cabo al mismo tiempo. La fotosíntesis les permite fabricar su alimento y la respiración les sirve para tomar del aire el oxígeno que necesitan. Las plantas son la única fuente de oxígeno en la Tierra” (Barahona y cols., 2002c, p.79) Más adelante, en la misma lección, se destaca el rol importante de la fotosíntesis ya que de este proceso dependen todos los demás seres vivos: *“Al producir sustancias nutritivas como el almidón y los azúcares, los demás seres vivos pueden alimentarse de las plantas y obtener lo necesario para subsistir. Las plantas son el primer eslabón de las cadenas alimentarias*” (Barahona y cols., 2002c, p.80).

El tema de cadenas alimenticias está en la lección 18 “¿Quién se come a quién?” del bloque 3 titulado “Alimentos y nutrición”. Ahí se exponen dos dibujos: una cadena alimenticia formada por un puma, un conejo y plantas. Los organismos están colocados de perfil con sus cabezas hacia la izquierda y rodeados por una cadena que sirve como marco para los dos animales y las plantas. Hay otro dibujo de un ecosistema formado por diferentes tipos organismos. En él, las relaciones alimenticias entre animales y plantas está representada con flechas: un jaguar se come a la ardilla y a un venado, un águila se alimenta de un pájaro y éste de un insecto, un conejo y un venado se alimentan de pasto y unas plantas se alimentan de bacterias en un tronco.

En relación a las cadenas alimenticias se expone que *“Así como las personas nos alimentamos de la gallina y la vaca, de los frutos y las plantas, los animales se alimentan de otros animales, de semillas y hierbas. Se forman así cadenas alimentarias. Cada planta o animal es un eslabón de la cadena*” (Barahona y cols., 2002c, p.82) Se mencionan a las plantas fabrican su propio alimento a partir de la luz del sol. Se describe a las plantas como alimento de otros animales y que *“por eso se dice que son el primer eslabón de las cadenas alimentarias. Se llaman productores primarios*” (Barahona y cols., 2002c, p.82).

Se expone que los animales son consumidores y que, dependiendo de lo que coman, se los llaman herbívoros, carnívoros y omnívoros. *“(…) son animales herbívoros dado que consumen nada más plantas. Estos animales sirven de alimento a los (…) carnívoros, puesto que se alimentan de carne, como el gato, el león, el tiburón, el lobo (…) algunas otras aves, como el zopilote, que consumen únicamente insectos y animales muertos*” (Barahona y cols., 2002c, p.82).

También se menciona que algunos animales, como el cerdo, el oso, la gallina y ciertos peces, son omnívoros porque se alimentan de plantas y animales. Los niños aprenden que cuando un organismo muere, los microbios lo convierten en distintas sustancias que serán utilizadas como alimento para las plantas. *“En una cadena alimentaria estos microbios se llaman descomponedores*” (Barahona y cols., 2002c, p.83) Al final de la lección se explica que la vida en el mar depende de cadenas alimentarias: *“los animales y las plantas de los lagos,*

ríos, mares y océanos forman largas cadenas que se enlazan a veces con las cadenas alimentarias de la tierra. Éstas empiezan con las plantas pequeñísimas llamadas fitoplacton” (Barahona y cols., 2002c, p.85)

De manera general, es importante mencionar que a partir del *cuarto grado* los estudiantes tienen un acercamiento a una gran cantidad de temas y conceptos más especializados relacionados con ecosistema, el rol de la energía, los cambios y alteraciones en un ambiente, comunidades, poblaciones, función del clima, etc. Refuerzan lo aprendido sobre cadenas alimenticias en el grado anterior y aprenden nuevas relaciones complejas entre los organismos (Barahona y cols., 2002c).

ESTUDIO SOBRE LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CADENAS ALIMENTICIAS

Planteamiento del problema de investigación

Justificación

En el campo de la enseñanza de las ciencias existen cuatro puntos en las investigaciones que forman un cuerpo coherente de conocimientos: (1) reconocer el papel que desempeña la elección de un contenido en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias; (2) reconocer la existencia de concepciones espontáneas; (3) saber que los conocimientos son respuestas a determinados cuestionamientos; (4) conocer el carácter social de la construcción del conocimiento científico (Pessoa de Carvalho, 1998, p.144). En relación al punto dos anterior, Smith y cols. (1993) consideran que una actividad principal de los investigadores educativos es documentar los conocimientos previos en la mayor cantidad de dominios posibles.

Con base en lo anterior, hemos considerado importante investigar las ideas previas que los estudiantes de primero, segundo y tercer grado de primaria, entre 6 y 8 años de edad, utilizan para construir cadenas alimenticias. El presente estudio es relevante porque indagará las ideas previas en niveles educativos que, por lo general, han sido poco explorados. Por ejemplo, en dicho dominio se han realizado trabajos a partir de cuarto grado hasta preparatoria (Gallegos y cols., 1994; Barman y cols., 1995). En dichas investigaciones se ha encontrado que a pesar de la educación recibida, algunas ideas previas sobre cadenas y tramas alimenticias por lo general, y en unos casos más que en otros, permanecen intactas, inamovibles, son retomadas y utilizadas en contextos diferentes ayudando a los estudiantes a reestructurar, relacionar y comprender conceptos ecológicos. A veces, esas ideas proporcionan una forma alterna de explicación y otras, en cambio, dificultan la comprensión de temas abstractos como relaciones entre elementos bióticos y abióticos, procesos físico-químicos a través de los cuales la materia y energía son transformadas y conservadas en un ecosistema, etc. Estas dificultades que se presentan desde niveles escolares primarios, explican en parte los problemas que los alumnos tienen en niveles educativos superiores en la resolución de cadenas y tramas alimenticias.

Asimismo, es importante conocer cómo están organizadas las ideas previas en la cognición de los estudiantes. Desde la teoría del conocimiento en fragmentos de diSessa (1993), el presente estudio quiere saber si en las ideas previas de los estudiantes existen o no primitivos fenomenológicos (p-prims). Si esto es así, se quiere conocer cuáles son esos p-prims.

El presente estudio también contribuirá a contrastar los datos obtenidos sobre las formas de construcción de cadenas alimenticias entre escolares de corta edad y alumnos de niveles educativos superiores como la secundaria y, por último, contribuirá también al *corpus* de conocimiento de la enseñanza de las ciencias. Muchos de las descripciones del proceso enseñanza-aprendizaje y de estructuras conceptuales han sido generadas por estudios en la ciencia de la física, por lo que esperamos extender nuestra comprensión del aprendizaje de las ciencias a las ciencias biológicas.

La investigación es viable y se basará en dos perspectivas teóricas diferentes: la teoría de los primitivos fenomenológicos propuesta por diSessa (1993) y las ideas previas (Flores, 2004).

Pregunta de investigación

1. ¿Forman los niños de primer a tercer grado de educación primaria (6-8 años de edad), cadenas alimenticias basándose en primitivos fenomenológicos? Si es así:

1.1. ¿Cuáles son estos primitivos fenomenológicos?

1.2. ¿Existen diferencias estadísticamente significativas en la forma en la cual construyen cadenas alimenticias niños de primero, segundo y tercer grado de primaria?

Objetivos

1. Indagar los primitivos fenomenológicos que utilizan niños de primero a tercer grado de educación primaria para formar cadenas alimenticias.
2. Examinar cuáles son los criterios que guían a los niños de primero a tercero de primaria para elegir a los organismos que conforman una cadena alimenticia.
3. Analizar si existen diferencias significativas entre los niños de primero, segundo y tercer grado de una primaria pública en la formación de las cadenas alimenticias.

Hipótesis de investigación

Ho: “Los niños de 6 a 8 años de edad de primero a tercer grado de educación primaria no forman cadenas alimenticias basándose en primitivos fenomenológicos.”

H₁: “Los niños de 6 a 8 años de edad de primero a tercer grado de educación primaria forman cadenas alimenticias basándose en primitivos fenomenológicos.”

Ho: “No existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia de 0.05 en la formación de cadenas alimenticias entre los niños de primero, segundo y tercer grado de primaria”

H₂: “Existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia de 0.05 en la formación de cadenas alimenticias entre los niños de primero, segundo y tercer grado de primaria”

Método

Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 86 ($N = 86$) participantes de una escuela primaria pública de la Ciudad de México, la cual fue distribuida en tres grupos:

- A: 26 participantes de 1er grado, 14 niñas y 12 niños, con una edad promedio de 6.5 años.
- B: 32 participantes de 2do grado, 15 niñas y 17 niños, con una edad promedio de 7.6 años.
- C: 28 participantes de 3er grado, 16 niñas y 12 niños, con una edad promedio de 8.5 años.

Instrumento

- El instrumento para formar cadenas alimenticias fue diseñado por Gallegos y cols. (1994) y consiste en tres tareas (véase Anexo 1) :

1era. “Clasificación de animales herbívoros y carnívoros” con un coeficiente de confiabilidad de $r = 0.81$. Consta de dos columnas: la primera está compuesta por un conejo, un león, una vaca, un gato, un perro, un caballo, un oso y un ciervo; la segunda columna está compuesta por una

Hipótesis de investigación

Ho: “Los niños de 6 a 8 años de edad de primero a tercer grado de educación primaria no forman cadenas alimenticias basándose en primitivos fenomenológicos.”

H₁: “Los niños de 6 a 8 años de edad de primero a tercer grado de educación primaria forman cadenas alimenticias basándose en primitivos fenomenológicos.”

Ho: “No existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia de 0.05 en la formación de cadenas alimenticias entre los niños de primero, segundo y tercer grado de primaria”

H₂: “Existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia de 0.05 en la formación de cadenas alimenticias entre los niños de primero, segundo y tercer grado de primaria”

Método

Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 86 ($N = 86$) participantes de una escuela primaria pública de la Ciudad de México, la cual fue distribuida en tres grupos:

- A: 26 participantes de 1er grado, 14 niñas y 12 niños, con una edad promedio de 6.5 años.
- B: 32 participantes de 2do grado, 15 niñas y 17 niños, con una edad promedio de 7.6 años.
- C: 28 participantes de 3er grado, 16 niñas y 12 niños, con una edad promedio de 8.5 años.

Instrumento

- El instrumento para formar cadenas alimenticias fue diseñado por Gallegos y cols. (1994) y consiste en tres tareas (véase Anexo 1) :

1era. “Clasificación de animales herbívoros y carnívoros” con un coeficiente de confiabilidad de $r = 0.81$. Consta de dos columnas: la primera está compuesta por un conejo, un león, una vaca, un gato, un perro, un caballo, un oso y un ciervo; la segunda columna está compuesta por una

planta y un pedazo de carne. Los participantes tienen que escribir el número asignado a la carne y a la planta junto al animal de acuerdo a lo que crean que comen.

2da. “Relacionar predador-presa” con un coeficiente de confiabilidad de $r = 0.60$. Consta de dos columnas: la primera está formada por una foca, un águila, un tigre, un sapo, un lobo y un pájaro; la segunda columna contiene un pescado, un conejo, un chapulín, una rata, un gusano y un ciervo. Los participantes tienen que marcar con un número qué animal de la primera columna se come al de la segunda columna.

3era. “Construcción de cadenas alimenticias” con un coeficiente de confiabilidad de $r = 0.81$. Está formada de tres ecosistemas: un acuático y dos terrestres. Los participantes tienen que formar cadenas alimenticias escribiendo un número en el organismo a partir del que consideren que inicia la cadena:

Cadena marina: formada por un pez mediano, un pez pequeño, un tiburón, un camarón, y algas.

Cadena terrestre 1: formada por un ciervo, un ciervo muerto, un león, una plantita y un buitre.

Cadena terrestre 2: formada por un águila, una serpiente, un ratón de campo y una mazorca de maíz.

Las tareas 1 y 2 se colocaron en una sola hoja, mientras la cadena marina y la cadena terrestre 1 estuvieron en una hoja formato A4 y la cadena terrestre 2 se colocó en la mitad de otra hoja del mismo formato. En total el instrumento estuvo formado por tres hojas. En la primera hoja se pidieron los datos generales como nombre, edad, sexo, nombre de la escuela, grado y salón. Las instrucciones estuvieron escritas en la parte superior de cada una de las tareas.

También se utilizó:

- Protocolo de entrevista semiestructurada tipo piagetiana para explorar las explicaciones de los participantes sobre las formas de construir cadenas alimenticias (véase Anexo 2)
- Audiograbadora
- Tarjetas de dos animales carnívoros y dos herbívoros:
 - Cocodrilo (especie *Crocodylus Porosus*)
 - Elefante (especie *Loxodonta africana*)
 - Jirafa (especie *Jirafa camelopardalis*)
 - Orca (especie *Orcinus orca*)

Procedimiento

Se seleccionó a la escuela primaria pública ubicada en la delegación Tlalpan de la Ciudad de México.

Un mes antes de la aplicación se tuvo una reunión con la Directora de la escuela y las maestras de los tres grados primarios a fin de dar a conocer el instrumento y el objetivo de la investigación. En esa reunión se pidió a las maestras que aplicaran el instrumento en sus respectivos salones.

Se aplicó el instrumento para formar cadenas alimenticias a todos los estudiantes de los tres grados escolares en un día. Antes de iniciar con cada tarea del instrumento las maestras dieron a conocer el nombre de todos los animales implicados y en el caso de las cadenas alimenticias se dibujaron los organismos de cada tarea en el pizarrón a fin de facilitar las instrucciones. El investigador estuvo presente en las tres aplicaciones. A la fecha de la aplicación los estudiantes de tercer grado no habían revisado todavía la Lección 17 “Las plantas fabrican alimento” y la Lección 18 “¿Quién se come a quién?” del libro de Ciencias Naturales (SEP 2002c) donde tienen su “primer” acercamiento a los principales conceptos relacionados con cadenas alimenticias.

Una vez organizadas todas las aplicaciones por grado se eliminaron aquellos participantes que no respondieron en ninguna de las tres tareas. Así tenemos:

-Primer grado: de 30 participantes se eliminaron 4, dos por no contestar las tres tareas y dos por corresponder a niños de quinto grado quienes en ese momento fueron encargados a la maestra del grado respectivo, quedando al final 26 estudiantes.

-Segundo grado: de 33 participantes se eliminó uno por no responder en ninguna de las tres tareas, quedando al final 32 estudiantes.

-Tercer grado: de 35 participantes se eliminaron 7, cinco porque sólo contestaron la segunda tarea y escribieron el número correspondiente al predador sobre la presa situada al frente del mismo, otro fue eliminado porque en la cadena alimenticia marina utilizó líneas para unir a los organismos y porque en la cadena alimenticia terrestre uno no escribió nada y en la cadena terrestre 2 no colocó números sobre todos los organismos de la cadena y, finalmente, se eliminó otro porque correspondía a un niño de 10 años quien estaba cursando tercer grado por segunda vez, quedando al final 28 estudiantes.

Así, en un inicio el número total participantes que contestaron el instrumento fue de 98 y, después de la eliminación, el número total de estudiantes final fue de 86.

Las respuestas se clasificaron en cuatro categorías siguiendo los criterios de Gallegos y cols., (1994) donde las *cadena correctas* fueron las que empezaron con el productor y tenían una correcta relación predador-presa; en las *cadena invertidas* la relación predador-presa era correcta pero la cadena iniciaba con el predador del nivel trófico más alto. Por ejemplo primero el tiburón, luego el pez mediano, después el pez chico, luego el camarón y al final las algas. Desde la perspectiva biológica esta cadena invertida no puede ser considerada correcta porque no sigue la dirección determinada en el flujo de energía que empieza con el productor; las *cadena incorrectas* estaban completas pero desordenadas; las *cadena sin respuesta* eran aquellas que no fueron contestadas por los participantes.

Se realizó la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis para analizar los resultados de la tarea tres del instrumento entre los tres grados escolares. Se eligió la prueba de Kruskal-Wallis porque es una prueba muy útil para decidir si k muestras independientes son de poblaciones diferentes. Los valores de las muestras, casi invariablemente, difieren un poco. La cuestión radica en que las diferencias entre las muestras signifiquen diferencias genuinas de población o simples variaciones aleatorias, semejantes a las esperadas entre distintas muestras aleatorias de la misma población. La prueba de Kruskal-Wallis examina la hipótesis nula que supone que las muestras proceden de la misma población o de poblaciones idénticas con respecto a los promedios. La prueba supone que la variable en estudio tiene como base una distribución continua. Al calcular la prueba de Kruskal-Wallis, cada una de las N observaciones es reemplazada por rangos. Todos los puntajes de las k muestras combinadas se ordenan en una sola serie (Siegel, 1995). Las diferentes secuencias de orden obtenidas en cada cadena fueron reemplazadas por los siguientes valores:

-en la *cadena marina* se asignó el valor de 3 a las cadenas correctas (“1” al alga, “2” camarón, “3” pez chico, “4” pez grande y “5” tiburón). Es decir, el valor 3 se asignó al orden “12345”; el valor 2 se asignó a las cadenas invertidas (“1” tiburón, “2” pez grande, “3” pez chico, “4” al camarón y “5” alga). Así, el valor 2 se asignó al orden “54321”. Por último, el valor 1 se asignó a las cadenas incorrectas.

-en la *cadena terrestre 1* se asignó el valor de 3 a las cadenas correctas (“1” planta, “2” venado, “3” león, “4” venado muerto y “5” buitre). Es decir, el valor 3 se asignó al orden “12345”; el valor 2 se asignó a las cadenas invertidas (“1” buitre, “2” venado muerto, “3” león, “4” venado y “5”

planta). Así, el valor 2 se asignó al orden "54321". Por último, el valor 1 se asignó a las cadenas incorrectas.

-en la *cadena terrestre 2* se asignó el valor de 3 a las cadenas correctas ("1" planta, "2" ratón, "3" serpiente y "4" águila). Es decir, el valor 3 se asignó al orden "1234"; el valor 2 se asignó a las cadenas invertidas ("1" águila, "2" serpiente, "3" ratón y "4" planta). Así, se asignó el valor 2 al orden "4321". Por último, el valor 1 se asignó a las cadenas incorrectas.

La prueba de Kruskal-Wallis determina si la desigualdad entre las sumas de rangos es tan grande que probablemente no proceden de muestras tomadas de la misma población. Por último, esta prueba no paramétrica parece ser la más eficiente de ese tipo de pruebas para k muestras independientes y tiene una potencia-eficiencia de 95.5 % cuando es comparada con la prueba paramétrica más poderosa, F (Siegel, 1995).

Por cada grado escolar se entrevistaron individualmente a 8 participantes, 4 niños y 4 niñas. En total se entrevistaron a 24 estudiantes. A la fecha de las entrevistas, los estudiantes de tercer grado ya habían revisado el tema de cadenas alimenticias del libro de texto de la SEP. Después de conocer los diferentes órdenes de secuencia en las tres cadenas alimenticias obtenidos por medio del instrumento, la selección de los participantes entrevistados de cada grado se basó en tres criterios: se eligieron al azar escolares cuyos órdenes de secuencias incorrectas se repetían constantemente en los tres tipos de cadenas alimenticias; se seleccionó a estudiantes cuyos órdenes de secuencias incorrectas eran diferentes de aquellos órdenes que se repetían constantemente y se seleccionó a escolares cuyos órdenes de secuencias eran correctas. Los objetivos de la entrevista (véase también el Anexo 2):

- a) explorar las explicaciones de los participantes sobre la construcción de sus cadenas alimenticias, y
- b) conocer su comprensión de aspectos relacionados con los organismos presentados como la ferocidad, la pasividad, la docilidad, ser carnívoro o herbívoro.

Cada entrevista duró entre 15 y 25 minutos aproximadamente, se audio-grabaron, transcribieron y analizaron formando categorías de respuestas de acuerdo a los tipos de respuesta obtenidas en cada grado escolar. La entrevista tuvo la siguiente secuencia:

1. Se eligió un salón con una mesa y dos sillas. Se tuvieron listos sobre la mesa la grabadora, el instrumento del participante elegido, lápiz, goma y una hoja de anotaciones.
2. Se retiró al participante elegido de su salón.

3. Una vez sentado a un lado del entrevistador, se pidieron sus datos personales como nombre, edad, salón y nombre de su maestra.
4. Se estableció el rapport.
5. Se presentó el instrumento ya contestado por el participante.
6. En cada tarea, se pidió primero el nombre de los animales implicado a fin de conocer qué tipo de animal representaba para el niño o niña.
7. En cada tarea se exploraron las razones por las que contestaron de tal o cual manera. Para conocer los posibles rasgos que algunos participantes atribuyeron a cierto organismo, se hizo uso de las tarjetas de los animales carnívoros y herbívoros.
8. De la manera anterior se siguió con cada tarea del instrumento y con todos los participantes entrevistados.

Se entrevistó a la maestra titular de tercer grado a fin de conocer la metodología y los materiales pedagógicos que utilizó para enseñar a sus estudiantes conceptos relacionados con cadenas alimenticias así como las fechas del ciclo escolar cuando se revisaron los temas. La entrevista duró 10 minutos y se audiograbó.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan siguiendo el orden de las tareas del instrumento de Gallegos y cols. (1994). Iniciaremos con los resultados cuantitativos y posteriormente con el análisis de las entrevistas. En las Tablas las respuestas se presentarán en frecuencias.

Primera Tarea: reconocimiento de animales herbívoros y carnívoros

La siguiente Tabla muestra los datos obtenidos en los tres grados escolares la frecuencia de participantes que consideraron carnívoros o herbívoros a los distintos animales estímulo del instrumento:

	Grados					
	Primero (n = 26)		Segundo (n = 32)		Tercero (n = 28)	
	Carnívoro	Herbívoro	Carnívoro	Herbívoro	Carnívoro	Herbívoro
Conejo	-	26	-	32	-	28
León	26	-	32	-	28	-
Vaca	-	26	-	32	-	28
Gato	26	-	30	2	27	1
Perro	25	1	32	-	28	-
Caballo	3	23		32	3	25
Oso	23	3	26	6	25	3
Venado	3	23	4	28	1	27

Tabla 1. Número de estudiantes que consideraron carnívoro o herbívoro a los animales estímulo del instrumento.

Como se ve en la Tabla 1 los datos muestran que en los tres grados casi todos los participantes reconocieron correctamente un animal herbívoro y un carnívoro. En el caso del oso, que se alimenta de carne y hierbas, los datos muestran que fue considerado por la mayoría como carnívoro. Nótese también que en los tres grados el venado fue considerado herbívoro.

Es posible que el número de respuestas erróneas pudiera deberse a una representación diferente del animal. Por ejemplo, a través de las entrevistas se identificó que:

-en primer grado algunos estudiantes dijeron que el gato era un tigre, puma, lagarto y el oso un borrego.

-en segundo grado todos los entrevistados dieron otros nombres a ciertos animales: el león fue nombrado como tigre, el gato como puma, leona y tigre y el oso con una oveja o no supieron qué nombre dar.

-en tercer grado, el gato fue llamado puma, pantera o no supieron cómo llamarlo.

No obstante, a pesar de haber dado otros nombres a los animales estímulo, los escolares entrevistados reconocieron a todos los animales nombrados como carnívoro o herbívoro de manera correcta.

Por otra parte, en esta tarea las entrevistas mostraron que los estudiantes explicaron que los animales carnívoros no podían comer hierba y que los animales herbívoros no podían comer carne porque:

Grado	Respuestas
Primero <i>n</i> = 8	-Les hace mal al estómago. -Se pueden morir. -Cada animal tiene su propio tipo de comida. -No les gusta la hierba o la carne. -Están acostumbrados a comer carne o hierba.
Segundo <i>n</i> = 8	-Les hace mal al estómago. -No les gusta la hierba o la carne. -Están acostumbrados a comer carne o hierba.
Tercero <i>n</i> = 8	-Les hace mal al estómago. -Se pueden morir. -No les gusta la hierba o la carne. -Están acostumbrados a comer carne o hierba. -Se vería mal que un carnívoro coma hierba o un herbívoro carne.

Tabla 2. Razones por las cuales no se pueden cambiar el tipo de alimento a animales carnívoros o herbívoros.

Cuando se planteó la posibilidad de dar sólo hierba a los carnívoros y sólo carne a los herbívoros el 87.8% de los niños entrevistados de primero, el 100% de los de segundo y el 87.8% de los de tercero comentaron que “aunque se les cambie el alimento los animales no dejarían de ser carnívoros o herbívoros”. Sin embargo, no supieron por qué o cómo explicar eso. Por ejemplo, una niña de segundo grado explicó que “el león puede ser carnívoro nomás, pero herbívoro no puede ser”, otro niño del mismo grado comentó que el conejo no podía comer carne porque éste “nació siendo herbívoro y seguirá siendo herbívoro aunque se le cambie el alimento” y algunos escolares de tercer grado explicaron que un animal era carnívoro por su “instinto animal” (es lo que los animales hacen; por ejemplo: cómo y qué comen, cómo duermen, cómo se asean y alimentan a sus cachorros y cómo marcar su territorio). Una niña de tercer grado comentó que el tiburón, el gepardo (gato) y el lobo eran carnívoros y que “si fueran herbívoros se vería raro o ridículo”. Otros niños comentaron que los animales eran carnívoros o herbívoros “porque esa era su naturaleza” pero no podían explicar o definir qué querían decir con instinto animal, naturaleza. Simplemente dijeron que no era posible que un animal carnívoro

se vuelva herbívoro y viceversa. Sin embargo, dos niños de primer grado dijeron que sí era posible que un animal carnívoro deje de serlo sólo con cambiarle el alimento.

Algunas características que los niños relacionaron con *animales carnívoros* fueron:

Grado	Respuestas
Primero <i>n</i> = 8	-Son canijos. -Son furiosos. -Son salvajes. -Matan gente.
Segundo <i>n</i> = 8	-Quieren aventuras. -Matan gente.
Tercero <i>n</i> = 8	-Son agresivos. -Son salvajes. -Cazan. -Hacen daño. -Lastiman. -Son enojones. -Son peligrosos.

Tabla 3. Características relacionadas de los *animales carnívoros*.

Mientras que las características relacionadas con los *animales herbívoros* fueron:

Grado	Respuestas
Primero <i>n</i> = 8	-Son amistosos. -Son tranquilos. -Son salvajes. -Matan gente.
Segundo <i>n</i> = 8	-No pueden cazar -No son fuertes -No se aferran a la carne humana
Tercero <i>n</i> = 8	-No son tan agresivos -Son cariñosos

Tabla 4. Características de los *animales herbívoros*.

Cabe señalar que los escolares entrevistados no relacionaron las características anteriores a todos los animales de la tarea uno del instrumento, sino que supieron distinguir ciertas características en un mismo animal. Por ejemplo, el perro y el gato fueron considerados carnívoros pero cariñosos. Las características relacionadas con los cuatro animales de las tarjetas presentadas (cocodrilo, elefante, orca y jirafa) confirmaron la idea anterior.

Segunda Tarea: preferencias en relaciones predador-presa

En la siguiente Tabla presentamos las posibles relaciones obtenidas en el instrumento:

Relación predador-presa	Grados		
	Primero (n = 26)	Segundo (n = 32)	Tercero (n = 28)
Águila-conejo	14	4	13
Águila-ratón	7	18	14
Águila-gusano	4	6	-
Águila-venado	1	-	1
Águila-grillo	-	4	-
Tigre-venado	19	28	23
Tigre-conejo	3	3	5
Tigre-gusano	1	1	-
Tigre-ratón	3	-	-
Rana-grillo	22	28	27
Rana-gusano	4	1	1
Rana-ratón	-	3	-
Lobo-venado	7	3	4
Lobo-ratón	9	6	14
Lobo-conejo	9	23	10
Lobo-gusano	1	-	-
Pájaro-gusano	20	23	27
Pájaro-ratón	5	5	-
Pájaro-conejo	-	2	-
Pájaro-grillo	1	-	1

Tabla 4. Número de estudiantes que eligieron relaciones predador-presa.

Las entrevistas revelaron que los elementos que guiaron la elección de presas para los predadores fueron:

- algunas ideas previas:
 - segundo grado (12.5%): “en la bandera también está que el águila se come al gusano”; “vi en una novela que el pajarito se comía un ratón”
 - tercer grado (37.5%): televisión (canal Once); “vi como se alimentan los animales por donde vivo”; “lo vi en televisión”
- el tamaño de la presa:
 - 50% en primero
 - 62.5% en segundo
 - 37.5% en tercero
- habilidad del predador para cazar:

- 12.5% en segundo
- 12.5% en tercero
- ferocidad del predador:
 - 25% en primero
 - 12.5% en tercero
- al predador le gusta la carne, es carnívoro:
 - 37.5% en primero
 - 62.5% en segundo
 - 25% en tercero
- al predador le gusta mucho esa presa:
 - 75% en primero
 - 100% en segundo
 - 25% en tercero
- la presa es fácil de ser matada por el predador:
 - 12.5% en tercero.

Los datos anteriores muestran que para establecer *relaciones predador-presa* los participantes entrevistados se guiaron principalmente en el tamaño de la presa y en el gusto del predador por cierta presa. Por ejemplo:

Entr.: *¿Por qué el águila se come al gusano?*

Berenice, 8 años, segundo grado: *el águila se come al gusano porque como en las banderas (de México) también está que el águila se come al gusano, por eso puse así.*

Entr.: *Oye ¿por qué se alimenta el lobito del conejo?*

Tatiana, 7 años, primer grado: *el lobo se come al conejo porque el conejo no es muy feroz como el lobo. Es feroz porque está muy enojado, porque se enoja mucho y porque tiene hambre todos los días.*

Entr.: *¿Por qué elegiste el conejo para el águila?*

Jacqueline, 7 años, segundo grado: *el águila se come lombrices y gusanos y no se come al conejo porque no se lo puede alcanzar a comer porque está muy grande (el conejo) y no se lo puede comer.*

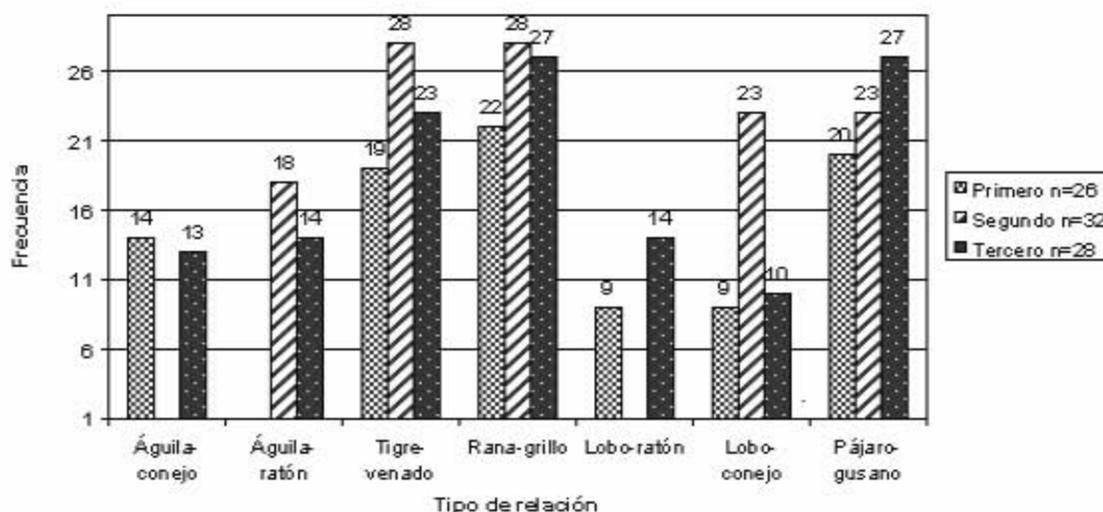
Entr.: *¿Por qué se come el lobo al venado?*

Brenda, 9 años, tercer grado: *el lobo se come al venado porque es muy fácil de matar. El venado se puede defender con los cuernos pero el lobo lo ataca por la espalda, es fácil.*

De acuerdo a la Tabla 1 se identificaron *siete tipos de relaciones preferenciales predador-presa* en altas frecuencias a lo largo de los tres grados:

- 1).águila-conejo
- 2).águila-ratón
- 3).tigre-venado
- 4).rana-grillo
- 5).lobo-ratón
- 6).lobo-conejo
- 7).pájaro-gusano

De manera gráfica las siete relaciones preferenciales predador-presa anteriores:



Gráfica 3. Número de estudiantes que muestran *relaciones preferenciales predador-presa*.

Las relaciones *pájaro-gusano*, *rana-grillo* y *tigre-venado* también se presentaron en el trabajo de Gallegos y cols. (1994) con niños de cuarto a sexto grado. Entre los elementos que guiaron a tales niños en la elección de la presa estuvo también el tamaño del predador. Esto quiere decir que el elemento “tamaño” de las presas o predadores guía el establecimiento de relaciones alimenticias desde niveles educativos inferiores y se mantienen constante hasta niveles escolares avanzados. La Tabla 1 muestra también diversos tipos de *relaciones predador-presa “incorrectas”* presentes en pocos estudiantes con base en el tamaño del predador:

- águila-venado (presente en primero y tercer grado)
- rana-ratón (presente en segundo grado)
- pájaro-ratón (presente en primero y segundo grado)

- pájaro-conejo (presente en segundo grado)

A primera vista las relaciones anteriores parecen “incorrectas”. Sin embargo, su elección pudo suceder por dos razones:

-la primera es que la representación de los animales estímulo tales como el águila y el pájaro de esos pocos estudiantes no estuvo diferenciada respecto a las características de un águila y un pájaro

-la segunda razón es que el tamaño del animal estímulo sí influyó en la elección de la presa. En el instrumento aplicado el dibujo de la rana es, efectivamente, más grande que el del ratón (véase Anexo 1). Eso quiere decir que para los tres niños de segundo grado el tamaño de la rana guió su elección.

En la Tabla 1 se pueden observar otras relaciones que se podrían considerar “poco comunes” de acuerdo a la dieta de cada animal:

- águila-gusano (presente en primero y segundo grado)
- águila-grillo (presente en segundo grado)
- tigre-gusano (presente en primero y segundo grado)
- lobo-gusano (presente en primer grado)

En estas relaciones parecen también “erróneas” porque conocemos que la dieta del águila, el tigre y el lobo es principalmente animales con mayor cantidad de carne. No obstante, por medio de las entrevistas se documentó que ciertos niños concibieron al águila como “ave” y “pájaro” y al pájaro como un “pollito” y “risueño”. Por ejemplo, una niña que eligió al gusano como presa para el águila, comentó:

Entr.: *Cuéntame ¿qué animalitos ves en esta tarea?*

Judith, 8 años, segundo grado: *“una foca, un pájaro (águila), un tigre, una rana, un lobo, otro pájaro...”*

Entr.: *muy bien. Cuéntame ¿al pájaro (águila) a quién se come?*

Judith: *se come a los gusanos. Los caza para mantener a sus pajarillos y él también puede comer de toda clase: orugas, saltamontes.*

Lo anterior quiere decir que pocos niños de primero y segundo grado principalmente representan al águila y al pájaro como un “ave” o “pájaro”. Lo mismo sucedió en el caso del *buitre* de la cadena alimenticia terrestre 1 del instrumento aplicado. Ahí algunos niños de los tres grados no concibieron al buitre como ave de rapiña, sino simplemente como un ave o

pájaro y, de acuerdo a esa representación, formaron la cadena alimenticia. Así, la idea de “ave”, en algunos casos, fue suficiente para establecer relaciones alimenticias entre los organismos de la tarea 2 “relaciones predador-presa” y la cadena terrestre 1 de la tarea tres del instrumento. También se documentó que en la tarea 2 del instrumento que para algunos niños entrevistados el lobo era un perro, zorro, coyote y gato. Por ejemplo, un niño de tercer grado eligió al ratón como presa para el lobo porque lo consideró como gato. El tigre fue concebido por otros niños como lagarto, león y leopardo.

En las entrevistas también se quiso saber si los niños consideraban que los predadores podían alimentarse de otros animales que veían en su instrumento aparte de los ya elegidos. De esta manera se identificaron *otras posibles presas* para un predador. Algunas de éstas coincidieron con las siete relaciones preferenciales predador-presa ya expuestas:

<i>Predador</i>	<i>Grados</i>		
	Primero <i>n = 8</i>	Segundo <i>n = 8</i>	Tercero <i>n = 8</i>
Águila	-gusano	-venado -gusano	Los mismos del instrumento
Tigre	-conejo	-conejo -ratón	-conejo -ratón
Rana	-gusano	-gusano	-gusano
Lobo	-venado	-venado -gusano	-venado
Pájaro	-grillo	-grillo	-grillo

Tabla 5. Otras posibles presas para algunos predadores.

Después de mencionar otras posibles presas para un predador se preguntó a los niños cuál de todas ellas, incluida la elegida es el instrumento, creían que el predador *preferiría* comerse y por qué. La siguiente Tabla muestra los resultados obtenidos:

Predador	<i>Grados</i>		
	Primero <i>n = 8</i>	Segundo <i>n = 8</i>	Tercero <i>n = 8</i>
Águila	-conejo -ratón	-gusano	-conejo -ratón
Tigre	-conejo	-venado	-venado
Rana	-gusano	-grillo	-grillo
Lobo	-conejo	-venado -conejo	-conejo -venado
Pájaro	-gusano	-gusano	-gusano

Tabla 6. Presas preferidas para ciertos predadores.

Los elementos identificados en las razones sobre por qué algún predador *prefería* determinada presa fueron:

- algunas ideas previas:
 - 12.5% en primero (televisión)
 - 25% en segundo grado (televisión, canal Once)
- el tamaño de la presa:
 - 50% en primero
 - 50% en segundo
 - 37.5% en tercero
- habilidad del predador para cazar:
 - 12.5% en primero
 - 12.5% en segundo
 - 25% en tercero
- ferocidad del predador:
 - 25% en primero
 - 12.5% en tercero
- la presa es fácil de ser atrapada por el predador:
 - 25% en primero
 - 37.5% en tercero
- al predador le gusta más esa presa porque es más rica, jugosa, suave:
 - 50% en primero
- al predador le gusta la carne:
 - 37.5% en segundo
- la idea previa “porque primero es del más grandote al más chiquito”:
 - 12.5% en tercero.

Los datos anteriores muestran que son diversas las razones por las que los niños creen que un predador *prefiere* comerse primero a un animal y no a otro. Nótese que en primer grado la idea de que “le gusta más”, “la presa es jugosa, suave” se presenta en la mitad de los niños, mientras que el elemento “tamaño de la presa” se presenta en la otra mitad de los mismos niños y en casi la mitad de los de segundo y tercer grado. En las respuestas de estos dos últimos grupos se notó que los niños relacionaron el elemento “tamaño” con la idea de “cantidad de carne” de la presa para elegirla como preferida de un predador. Por ejemplo, algunos participantes de segundo grado comentaron:

Entr.: *Y del grillo y del gusano ¿cuál crees que el águila preferirá comerse primero y por qué?*

Judith, 7 años, segundo grado: *el saltamontes porque es más, como más jugoso y la oruga (gusano) no se ve tan apetitosa para el águila. No se ve apetitosa porque es delgada y casi no tiene pies grandes y el saltamontes sí, es gordo y tiene los pies gorditos.*

Entr.: *Y del grillo y del gusano ¿cuál crees que prefiera comerse primero el pájaro?*

Pedro, 8 años, segundo grado: *preferirá comerse el gusano porque está más largo, que alimenta a sus hijos y así le alcanza para todos.*

De manera similar una niña de tercer grado eligió en el instrumento al conejo como presa para el tigre y en la entrevista comentó:

Entr.: *y entre el conejo y el venado ¿cuál crees que prefiera comerse primero el tigre?*

Magdalena, 9 años, tercer grado: *al venado porque, no sé, pues, yo creo porque tiene mucha carne, porque es más grande, por eso”.*

El elemento tamaño entonces no sólo estuvo relacionado con lo grande o pequeño que eran los predadores o las presas, sino también con la cantidad de carne que ésta podía proporcionar a un predador. Otros ejemplos de los elementos antes identificados:

Max, 7 años, primer grado: *la rana prefiere comerse al gusano primero porque él es muy lento y la rana saca la lengua y lo puede atrapar.*

Laura, 8 años, segundo grado: *el tigre prefiere comerse al venado porque le gusta su carne porque es muy rica y tierna y la puede morder más fácil porque si fuera la carne muy dura como la del caballo o cochino, no la mordería.*

Jesús, 8 años, tercer grado: *el tigre prefiere comerse al venado primero porque es del más grandote al más chiquito.*

A partir de esta tarea se pudieron apreciar algunos aspectos tales como la representación del águila como “ave”, diversas ideas previas como el conocimiento de que en el escudo de la bandera de México un águila se come a un “gusano” (serpiente), la jerarquía de tamaños (del más grande al más pequeño), la ferocidad y el tamaño de ciertos animales, etc., que utilizaron y dominaron el razonamiento de los estudiantes para construir cadenas alimenticias. Por ejemplo, para algunos niños el buitre se alimentaba de la planta y no del venado muerto debido a que el buitre fue representado sólo como un “ave” o “pájaro”.

Tercera Tarea: construcción de cadenas alimenticias

La Tabla 7 muestra los diferentes tipos de respuestas por cada cadena alimenticia así como el número de estudiantes por grado escolar con dichas elecciones:

	Grados		
	Primero (n = 26)	Segundo (n = 32)	Tercero (n = 28)
Tipo de Respuesta	Cadena alimenticia marina		
Correctas	-	3	1
Invertidas	16	17	24
Incorrectas	10	12	2
Sin respuesta	-	-	1
	Cadena alimenticia terrestre 1		
Correctas	-	-	-
Invertidas	-	2	-
Incorrectas	26	30	28
Sin respuesta	-	-	-
	Cadena alimenticia terrestre 2		
Correctas	-	2	1
Invertidas	6	9	20
Incorrectas	20	21	7
Sin respuesta	-	-	-

Tabla 7. Número de estudiantes con diferentes tipos de respuestas en las tres cadenas alimenticias.

Como se ve en la Tabla 7 en la cadena marina resaltan los altos números de estudiantes con respuestas invertidas en los tres grados. En las entrevistas se documentó que en esa cadena los elementos “tamaño”, “ferocidad” y “pasividad” jugaron un papel importante en las explicaciones de los escolares de los tres grados.

En la cadena terrestre 1 en ningún grado hubo participantes con respuestas correctas y sólo dos escolares de segundo grado tuvieron respuestas invertidas. No obstante, en las entrevistas se vio que éstas fueron hechas al azar. También se documentó que los estudiantes de los tres grados tuvieron dificultades para construir esta cadena debido a la presencia del buitre y el animal muerto pues no supieron cómo involucrar esa relación predador-presa con los demás organismos de la cadena. Se documentó que el buitre no fue representado como tal por la mayoría los niños entrevistados de primero y segundo grado. Por ejemplo:

-en *primer grado* cinco participantes concibieron al buitre como un “águila”, “pájaro”, “halcón”, “cuervo” y “ave”

-en *segundo grado* los ocho escolares representaron al buitre como un “pájaro”, “avestruz”, “liebre” y “halcón”, y

-en *tercer grado* tres participantes concibieron al buitre como un “cuervo”, “águila” y “ciervo”.

De esa manera, casi todos los escolares entrevistados asociaron al buitre con la idea de “ave” más no con algunas características propias de ave carroñera. Nótese, sin embargo, que a medida que avanza el nivel escolar, las diversas representaciones del buitre disminuyen. Es posible que lo anterior se deba a una representación enriquecida de lo que es y hace un buitre en los niños de tercero a diferencia de los de primero y segundo grado. La representación del buitre guió la formación de esta cadena alimenticia en los estudiantes de primer y segundo grado principalmente. Por ejemplo, una niña que consideró al buitre como pájaro comentó:

Berenice, 8 años, primer grado: *“Y el pájaro (buitre) se come a la planta, luego el pájaro, no, luego el pájaro va al segundo porque el pájaro se come a la planta, luego el venado (vivo) se come al pájaro, luego el león se come al venado (vivo), éste es primero porque está vivo y después lo deja así (muerto) porque ya se lo comió”*

Algo similar sucedió en las explicaciones de la cadena terrestre 2. En esa cadena un niño de primer grado concibió al águila como un “pájaro” y cuatro escolares de segundo grado concibieron al águila como un “pájaro” o “halcón”. Por ejemplo, una niña que concibió al águila con un pájaro, explicó:

Judith, 8 años, segundo grado: *Es que comencé con la serpiente, la serpiente se come al ratón, el ratón se come al pájaro (águila) y el pájaro se come a las hierbas de maíz.*

Entr.: *¿Por qué terminaste tu tarea con la planta?*

Judith: *porque los pájaros (águila) se alimentan del maíz, (los pájaros) se pueden alimentar de todo tipo pero menos de carne, puede alimentarse de maíz, de toda verdura.*

Por último, en la cadena alimenticia marina y la cadena terrestre 2, hubo un niño con respuesta correcta. Sin embargo, en la entrevista el niño reordenó los números escritos en el instrumento formando una cadena invertida.

Análisis estadístico de la tercera tarea “construcción de cadenas alimenticias”

La Tabla 8a y la Gráfica 4 muestran los rangos promedios obtenidos en los tres tipos de cadenas alimenticias mediante la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis en los tres grados escolares ($N = 86$):

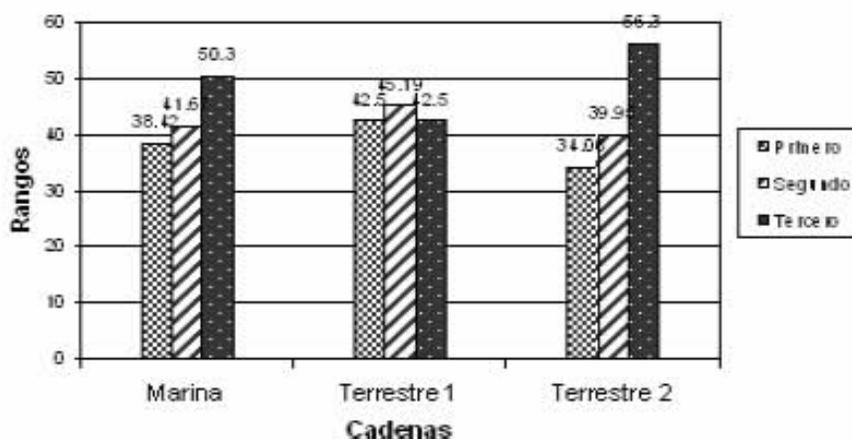
Rangos		
Grados	N	Rango promedio
Cadena marina		
Primero	26	38.42
Segundo	32	41.67
<u>Tercero</u>	<u>28</u>	50.30
Total	86	
Cadena terrestre 1		
Primero	26	42.50
Segundo	32	45.19
<u>Tercero</u>	<u>28</u>	42.50
Total	86	
Cadena terrestre 2		
Primero	26	34.08
Segundo	32	39.95
<u>Tercero</u>	<u>28</u>	56.30
Total	86	

Tabla 8a. Rangos promedios obtenidos en la prueba Kruskal-Wallis.

Estadísticos de contraste ^{a,b}			
	Cadena marina	Cadena terrestre 1	Cadena terrestre 2
Chi- cuadrado	4.839	3.415	15.433
gl	2	2	2
Sig. asintót.	.089	.181	.000

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: grado

Tabla 8b. Valores de significancia asintótica a un nivel de $\alpha = .05$.



Gráfica 4. Valores de rangos promedios obtenidos en la prueba estadística Kruskal-Wallis.

Como se ve en la Tabla 8a y en la Gráfica 4 en la cadena alimenticia marina existió un aumento del rango promedio de primero a tercer grado. Esto indica que a mayor nivel escolar mayor rango promedio; en la cadena terrestre 1 el aumento del rango promedio más notable se observa en segundo grado, pero desciende nuevamente en tercer grado.

En la cadena terrestre 2 el aumento del rango promedio también es ascendente, sin embargo, aquí es notable la diferencia entre el rango promedio obtenido en tercer grado y los dos otros niveles escolares.

De acuerdo a la Tabla 8b el resultado obtenido en la cadena marina fue $\chi^2 (df = 2, N = 86) = 4.839, p < .089$ y en la cadena terrestre 1 fue $\chi^2 (df = 2, N = 86) = 3.415, p < .181$. Luego entonces, en esas dos cadenas alimenticias no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos escolares. Esto quiere decir que los estudiantes de los tres niveles educativos construyeron cadenas marinas y terrestres 1 de manera diferente, pero esas diferencias no alcanzaron a ser significativas pues las respuestas incorrectas estuvieron dispersas a lo largo de los tres grupos que comparten estructuras de respuestas, pero éstas no alcanzaron a ser significativas.

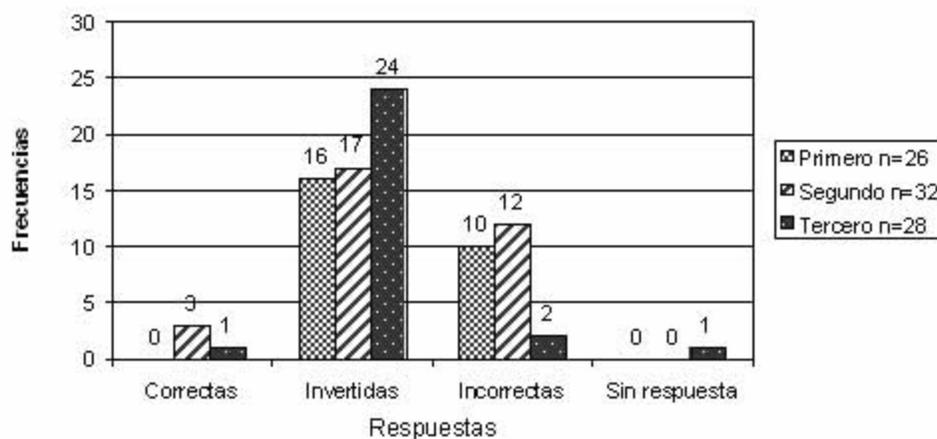
En cambio, en la cadena terrestre 2 el valor obtenido en la prueba estadística fue de $\chi^2 (df = 2, N = 86) = 15.433, p > .000$. Entonces, en esa cadena sí existen diferencias estadísticas significativas en su construcción entre los tres grados escolares. Las respuestas incorrectas estuvieron dispersas a lo largo de los tres niveles y sus diferencias alcanzaron a ser significativas.

Análisis de las explicaciones de los participantes para formar cadenas alimenticias

A continuación presentamos un análisis de los elementos y los criterios que los niños entrevistados utilizaron para explicar sus maneras de formar cadenas alimenticias. Iniciamos con la cadena marina, luego con la terrestre 1 y terminaremos con la terrestre 2. Para una mejor exposición, en cada cadena alimenticia hemos reunido las explicaciones de acuerdo al tipo de respuestas y hemos colocado extractos de entrevistas con el fin de ejemplificar las respuestas.

Cadena alimenticia marina:

La Gráfica 5 muestra el número de estudiantes en los diversos tipos de respuestas obtenidos en la cadena alimenticia marina. El recuadro pequeño indica los tres grados escolares:



Gráfica 5. Número de estudiantes de los tres grados con diferentes tipos de respuestas en la *cadena alimenticia marina*.

Antes de iniciar con el análisis cabe señalar que en el instrumento independientemente del tipo de respuesta:

- 25 participantes de primer, el 22 de segundo y 25 de tercer grado iniciaron la cadena con el *tiburón*
- 20 participantes de primer, el 20 de segundo y 24 de tercer grado terminaron esta cadena con la *planta*.

La planta entonces no fue representada como organismo productor pues es ubicada en el último nivel trófico, mientras que el depredador del último nivel trófico, o sea el tiburón, es colocado como organismo del primer nivel trófico.

Respuestas correctas (Cadena marina)

En primer grado no hubo respuestas correctas. En segundo grado el 9.4% de escolares tuvieron respuestas correctas y en tercer grado el 3.6% de estudiantes tuvieron respuestas correctas. Sólo se entrevistó a una niña de segundo grado y al niño de tercer grado con respuestas correctas. Cuando se pidió a la niña que explicase cómo había hecho su tarea, comentó:

Berenice, 8 años, segundo grado: *este pez más chiquito (camarón) se come al pasto, el pez (grande) se come al pececito (pez chico), el tiburón se come al pez (grande) y ya*

Entr.: *¿por qué empezaste con el pasto?*

Berenice: *porque el camarón se come al pasto*

Entr.: *¿por qué terminaste con el tiburón?*

Berenice: *porque el tiburón es más grande que todos esos y nadie de estos se come al tiburón.*

Esta niña formó la cadena con base en el criterio “quién se come a quién” mediante tres relaciones predador-presa (las flechas “→” y “←” indican “se come a” en la dirección que indican. Esto aplica para todas las flechas de aquí en adelante):

- relación 1: planta ← camarón
- relación 2: pez chico ← pez grande
- relación 3: pez grande ← tiburón

La niña inició con la planta porque a ésta “se la come el camarón” y terminó con el tiburón, predador del nivel último trófico, por ser el más grande. En realidad la niña está iniciando su cadena con el camarón a pesar de que escribió el número “1” a la planta. Las relaciones se leen e inician de izquierda a derecha.

Por su parte, el único niño de tercer grado que formó en el instrumento correctamente esta cadena, en la entrevista la explicó de manera invertida:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste tu tarea?*

Kevin, 9 años, tercer grado: *es muy fácil, el tiburón como es carnívoro come a cualquier tipo de pez, y en este caso se come al pez más grande y este como es el pez mediano (pez grande) se come al chiquito (pez chico) y éste se come al camarón porque es más chico y el camarón se come a la hierba porque así es como se alimentan.*

Este niño también formó su cadena con base en el criterio “quién se come a quién” mediante el establecimiento de relaciones predador-presa, identificando al tiburón como el predador del primer nivel trófico (siendo que es del último) por considerarlo como el más grande y el mayor

depredador del mar e identifica a la planta como organismo del último nivel trófico (siendo que es del primero) porque cualquiera se la puede comer. Cuando se cuestionó al niño que acababa de dar otro orden al que escribió en el papel, dijo que se había “equivocado” y volvió a explicar la cadena de manera invertida. Tanto para la niña de segundo como para el niño de tercer grado la planta no fue representada como organismo productor, sino más bien como algo que *todos* se comen. En el intermedio de la cadena, es claro que los dos escolares anteriores relacionaron los organismos de acuerdo a una jerarquía de tamaño. Así, en el caso del niño de tercer grado, el tiburón inicia la cadena por ser carnívoro y poder comer cualquier tipo de pez y en el caso de la niña el tiburón termina la cadena porque ninguno de los otros organismos involucrados se lo puede comer. Nótese también que el niño de tercero comentó que el orden así va “*porque así es como se alimentan*”.

Respuestas invertidas (Cadena marina)

Primer grado: en este grado el 61.5% de estudiantes tuvieron respuestas invertidas. Las entrevistas revelaron que los elementos que los escolares utilizaron para iniciar la cadena con el tiburón fueron:

- es el más grande de todos (50%)
- es el más feroz (si le molestan, muerde; es enojón, mata) (37.5%)
- es el mejor que todos porque mata y se mueve más rápido (12.5%)
- ideas previas (12.5%)
- es carnívoro (25%)

Los elementos que utilizaron para terminar con la planta:

- se la comen (50%)
- no hace nada (50%)
- no puede comer a otros (12.5%)
- no se mueve (12.5%)
- sólo adorna (25%)

Algunos ejemplos de los elementos anteriores:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Max, 7 años, primer grado: *pensé cuál era el más feroz de todos y es el tiburón. Es feroz porque como tiene muchas dificultades fuertes como sus membranas, puede atrapar rápidamente a su presa, puede ir*

aleteando y como ve a un señor o a un pescado, llega rápidamente y “¡crash!” ya tiene el señor cortado los pies o la mano.

Entr.: *¿Por qué pusiste las algas al último?:*

David, 7 años, primer grado: *porque no se pueden mover y no pueden hacer nada y se la comen.*

En este grado las entrevistas mostraron que los niños construyeron esta cadena de manera inversa con base, principalmente, en el tamaño de los organismos, la ferocidad del tiburón y la docilidad de la planta. Además involucraron a todos los entes de la cadena y supieron manejar el tamaño. Por ejemplo:

Elías, 7 años, primer grado: *le puse el número uno al tiburón porque él se va a comer al pescado chico (pez grande) y el pescado chico se va a comer al pez chiquitito (pez chico) y éste al camarón y el camarón se va a comer las algas.*

Asimismo, el criterio que estos niños utilizaron para formar la cadena es “quién se come a quién” y las relaciones predador-presa.

Segundo grado: en este grado el 53.1% de escolares tuvieron respuestas invertidas. Las entrevistas mostraron que los elementos que los niños utilizaron para iniciar con el tiburón:

- es el más grande (50%)
- es el más feroz porque mata personas (12.5%)

Los elementos que utilizaron para terminar con la planta:

- se la comen (37.5%)
- no puede comer a otros (25%)
- es una cosa, sólo está ahí (12.5%)

Algunos ejemplos de los elementos anteriores:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Pedro, 8 años, segundo grado: *pues el tiburón como es muy grande no se puede comer a las hierbas ni al camarón, entonces se come al pescado grande, el (pez) grande al chico, el (pez) chico al camarón y el camarón a las hierbas.*

Entr.: *¿Por qué pusiste las algas al último?:*

Judith, 8 años, segundo grado: *porque aunque las hierbas sean más grandes que el calamar (camarón), el calamar tiene más fuerza, tiene dientes y las hierbas no tienen dientes. Porque esas (las algas) no se comen a otros.*

Las entrevistas revelaron que los participantes de este grado construyeron la cadena marina de manera invertida con base en el criterio “quién se come a quién”, guiándose por el tamaño y la ferocidad del tiburón y la docilidad y pasividad de la planta. De igual manera, mediante la relación predador-presa estos niños involucraron a todos los organismos de la cadena.

Tercer grado: en este grado el 85.7% de participantes tuvieron respuestas invertidas. Las entrevistas revelaron que los elementos que los niños entrevistados utilizaron para iniciar con el tiburón:

- es el más grande (87.5%)
- es el más feroz (come más peces, es peligroso, come personas, hace daño, tiene dientes filosos) (50%)
- es el mejor de todos porque mata y se mueve más rápido (25%)

Los elementos que utilizaron los niños para terminar con la planta:

- se la comen (62.5%)
- no puede comer a nadie (37.5%)

Algunos ejemplos de los elementos anteriores:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Ilce, 8 años, tercer grado: *primero me fijé cual era el más grande, luego el mediano, luego el chiquito, luego el más chiquito y luego las plantas. Primero el tiburón se come al pescado, y el pescado se come a este chiquito (pez chico) y el chiquito se come a este (camarón) y el camarón se come las plantas.*

Entr.: *¿Por qué pusiste la planta al último?:*

Magdalena, 9 años, tercer grado: *porque a la planta se la come cualquier animal pero la planta no puede comer a alguien.*

Las entrevistas mostraron que los niños se basaron el criterio “quién se come a quién” utilizando los elementos de ferocidad y tamaño del tiburón y la docilidad de la planta e involucraron a

todos los miembros mediante relaciones predador-presa. El tamaño de los organismos fue el elemento predominante para ordenar a los organismos en esta cadena.

Respuestas incorrectas (Cadena marina)

Primer grado: en este grado el 38.4% de escolares tuvieron respuestas incorrectas. En éstas se identificaron *cinco diseños de secuencias incorrectas*. De éstas, sólo exponemos dos secuencias que se presentaron en 3 sujetos:

- a. cadena que inició con el *tiburón* y terminó con el *camarón*
- b. cadena que inició con el *tiburón* y terminó con la *planta*

En este grado, sólo se entrevistaron a dos niñas con secuencias incorrectas tipo “a”. Una de éstas construyó la cadena por medio de dos eslabones:

- eslabón 1: tiburón → pez chico → camarón → planta (cadena invertida)
- eslabón 2: pez grande → camarón

Como algunos niños que formaron cadenas marinas invertidas, esta niña explicó que inició su cadena con el tiburón porque “*es el más grande y porque es muy salvaje. Es salvaje porque come muchos pescados, porque es bien enojón, además si alguien se echa al agua se puede lo puede jalar (matar)*” y terminó con la planta (aunque en el instrumento había colocado en último lugar al camarón) porque “*la planta no se come a nadie porque ella no tiene boca ni tiene algo para hablar*”. La otra niña entrevistada formó su cadena de manera similar.

Segundo grado: en este grado el 37.5% de participantes tuvieron respuestas incorrectas. Ahí se identificaron *tres diseños de secuencias incorrectas*. De éstos, exponemos uno que se presentó en 5 personas:

- a. cadena que iniciaba con el *camarón* y terminaba con el *tiburón*.

Sólo se entrevistó a un niño con la secuencia incorrecta “a”. La entrevista reveló que ese niño formó su cadena de manera diferente a la escrita en el instrumento a través de tres eslabones:

- eslabón 1: tiburón → camarón → planta
- eslabón 2: tiburón → pez chico
- eslabón 3: tiburón → pez grande

Así, este niño construyó su cadena con base en el criterio “quién se come a quién” y las relaciones predador-presa. Como los niños con cadenas marinas invertidas, el primer elemento fue el tiburón y el último fue la planta. Como se ve, para este niño el tiburón puede alimentarse de más de dos organismos, mientras que el pez chico y pez grande no son relacionados con otros organismos. De manera similar, un niño con un único diseño incorrecto que inició con el camarón y terminó con el pez grande, formó su cadena por medio de cuatro eslabones interrelacionados:

- eslabón 1: camarón → planta ← pez chico ← tiburón (eslabón 2)
- eslabón 3: tiburón → pez grande
- eslabón 4: pez grande → camarón

Como se puede observar los elementos que utilizó para iniciar con el cangrejo (camarón) fue que éste se come a la planta y terminó con el tiburón porque era el más grande. Así, el inicio de la cadena de este niño es similar al inicio de la cadena de la niña que en el instrumento formó correctamente a los organismos de esta cadena.

Tercer grado: en este grupo sólo el 7.1% de participantes tuvieron respuestas incorrectas. De éstos no se entrevistó a ninguno. No obstante, cabe mencionar que una de las respuestas incorrectas fue la misma a la identificada en segundo grado, iniciaba con el camarón y terminaba con el tiburón.

Como se verá algunos elementos y criterios identificados en la cadena marina fueron utilizados otra vez en la cadena terrestre 1 y terrestre 2.

Cadena alimenticia terrestre 1:

Los datos que se presentan a continuación se obtuvieron identificando al *buitre* en el instrumento¹⁵ independientemente del tipo de respuesta:

Grado	Primer nivel trófico	Segundo nivel trófico	Tercer nivel trófico	Cuarto nivel trófico	Quinto nivel trófico
Primero (n = 26)	-	2	11	11	-
Segundo (n = 32)	4	4	9	12	3
Tercero (n = 28)	-	-	26	2	-

Tabla 9. Número de sujetos que colocaron al *buitre* en los distintos niveles tróficos.

El *animal muerto*, independientemente del tipo de respuesta, en el instrumento fue colocado en:

Grado	Primer nivel trófico	Segundo nivel trófico	Tercer nivel trófico	Cuarto nivel trófico	Quinto nivel trófico
Primero (n = 26)	-	2	6	10	5
Segundo (n = 32)	-	4	5	15	8
Tercero (n = 28)	-	1	1	25	1

Tabla 10. Número de sujetos que colocaron al *animal muerto* en los distintos niveles tróficos.

Como se ve en la Tabla 9 la mayoría de los estudiantes de los tres grados colocaron al *buitre* en el tercer y cuarto nivel trófico. Resalta que en segundo grado el *buitre* aparezca, aunque en bajo número de estudiantes, en los cinco niveles tróficos. Esto quizás se deba a la representación del *buitre* que hayan tenido algunos escolares, pues como ya se mencionó, para todos los entrevistados de segundo grado el *buitre* fue considerado un “pájaro”, “ave”, “avestruz”, etc. En tercer grado en cambio casi todos los estudiantes colocaron al *buitre* en el tercer nivel trófico y, como se ve en la Tabla 10, al *animal muerto* en cuarto nivel trófico. Es claro que los niños más grandes relacionaron al *buitre* directamente con el *animal muerto* a diferencia de los escolares más chicos donde el *buitre* y el *animal muerto* aparecen en distintos número de estudiantes a lo largo de los cinco niveles tróficos.

Por otra parte, e independientemente del tipo de respuesta, en el instrumento:

-23 estudiantes de *primer grado* (n = 26) iniciaron esta cadena con *león* y 15 escolares terminaron con la *planta*

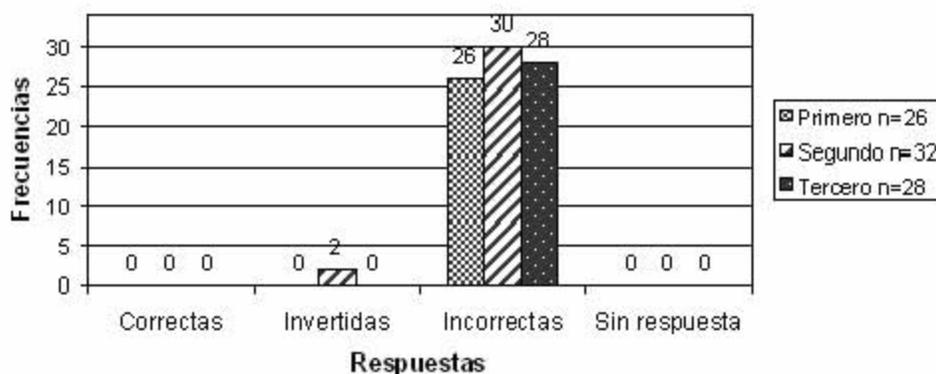
¹⁵ En esta cadena alimenticia Gallegos y cols. (1994) incluyeron un *animal muerto* y un *buitre* porque son parte de lo que ocurre en la naturaleza y porque también quisieron saber qué nivel trófico les otorgaban los estudiantes.

-23 escolares de *segundo grado* ($n = 32$) iniciaron con el *león* y 15 terminaron con la *planta*. La otra mitad del grupo terminó la cadena con el *venado muerto* (8 sujetos), el *león* (5 sujetos) y el *buitre* (3 sujetos)

-27 estudiantes de *tercer grado* ($n = 28$) iniciaron con el *león* y 25 terminaron con la *planta*.

Por tanto, en esta cadena los escolares de primero a tercer grado no representaron a la planta como productora e iniciaron esta cadena identificando al predador del último nivel trófico (el león) como organismo del primer nivel trófico y al organismo del primer nivel trófico (la planta) como organismo del último nivel trófico. En segundo grado, sin embargo, existieron también otros organismos como últimos miembros.

La Gráfica 6 muestra el número de estudiantes con los diferentes tipos de respuestas obtenidas en la cadena terrestre 1:



Gráfica 6. Número de estudiantes de los tres grados con diferentes tipos de respuestas en la *cadena terrestre 1*.

En la Gráfica 6 se aprecia que casi todos los estudiantes de los tres grados tuvieron respuestas incorrectas, ninguno tuvo respuestas correctas y sólo dos niñas de segundo grado tuvieron respuestas invertidas. Se entrevistó a una de éstas y se encontró que el orden dado se hizo al azar, pues cuando se pidió a la niña que explicará cómo hizo su tarea, ésta no pudo explicarla e involucró a organismos de la cadena marina. Mencionó que el pez mediano podía comerse al venado muerto si le echaban “tantito” al agua.

Respuestas incorrectas (Cadena terrestre 1)

De manera general, el número de diseños de secuencias incorrectas por grado fueron tres en primero, siete en segundo y tres en tercero. Cada *diseño de secuencia incorrecta* iniciaba y

terminaba con el mismo organismo. Sin embargo, el orden intermedio podía ser diferente. Por ejemplo, en las cadenas que iniciaban con el león y terminaban con la planta, después del león seguía el venado o el venado muerto pero terminaba con la planta.

Primer grado: en este grado se identificaron *tres diseños de secuencias incorrectas*:

- a. cadenas que iniciaban con el *león* y terminaban con la *planta* (14 sujetos). Aquí hubo cuatro tipos órdenes intermedios diferentes.
- b. cadenas que iniciaban con el *león* y terminaba con el *venado muerto* (5 sujetos). Aquí hubo dos tipos órdenes intermedios diferentes.
- c. cadenas que iniciaban con el *venado* y terminaban con la *planta* (3 sujetos). Aquí hubo dos tipos órdenes intermedios diferentes.

Las entrevistas mostraron que los elementos utilizados para iniciar con el león:

- es más feroz: mata, corre más rápido, caza animales (50%)
- es más grande (37.5%)
- algunas ideas previas: rey de la selva, devora gente (37.5%)

Y los elementos utilizados para terminar la cadena con la planta:

- no hace nada (12.5%)
- no se puede mover (25%)
- se la comen (25%)

Lo anterior indicó que muchos estudiantes de primer grado entrevistados volvieron a utilizar los elementos “tamaño”, “ferocidad”, “docilidad”, “pasividad” y “no movimiento” para iniciar y finalizar la cadena con el león y la planta. Por ejemplo:

Entr.: *¿Por qué empezaste con el león?:*

Max, 7 años, primer grado: *porque creo que el león es el rey de la selva y como es más rápido que estos puede atrapar rápidamente a su presa y después lo mata. Es el rey de la selva porque como es tan rápido y muy pesado, porque es depredador. Un depredador es algo que devora gente y lo sé porque lo vi en una película.*

Entr.: *¿Por qué pusiste al último la planta?*

Elías, 7 años, primer grado: *porque nomás se queda ahí parada con sus hojitas.*

Por otra parte, las entrevistas revelaron que los participantes de primer grado construyeron cadenas incorrectas con base en el criterio “quién se come a quien” y por medio de relaciones predador-presa que, al final, indicaban que la cadena era concebida de manera fragmentada, por medio de eslabones independientes o interrelacionadas. Por ejemplo:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?*

Brenda, 7 años, primer grado: *el león se come al venado vivo, el venado vivo se come a la planta, es la más chiquita. El águila (buitre) se come al venado (muerto) porque es igual que el león, nomás que no se parece tanto porque no es tan peligroso. Este (león) se come a este (buitre) porque es capaz de saltar y es el más veloz, nomás se come la cabeza.*

La niña anterior construyó la cadena por medio de tres relaciones predador-presa:

- relación 1: león → venado → planta (cadena invertida)
- relación 2: águila (buitre) → venado muerto
- relación 3: león → águila (buitre)

Al final, la cadena quedó formada por medio de dos grandes eslabones que inician con el león y terminan con la planta y el animal muerto:

- eslabón 1: león → venado → planta (cadena invertida)
- eslabón 2: león → águila (buitre) → venado muerto

Por su parte, otra niña formó la cadena por medio de tres eslabones:

Tatiana, 7 años, primer grado: *“puse primero al león, después al venado (vivo), después al águila (buitre), el león se come al venado vivo y el águila se come a la planta. El león se come al águila porque le gusta comer, este (águila) se come al venado muerto porque tiene un pico y con eso lo puede picar”*

En primera instancia, esta niña construyó su cadena por medio de cuatro relaciones predador-presa:

- relación 1: león → venado
- relación 2: águila (buitre) → planta
- relación 3: león → águila (buitre)
- relación 4: águila (buitre) → venado muerto

Al final, la cadena quedó organizada en tres eslabones:

Segundo grado: en este grado se identificaron *siete diseños de secuencias incorrectas*. De éstos expones tres que se presentaron en más de tres personas:

- a. cadenas que iniciaban con el *león* y terminaban con la *planta* (13 sujetos). Aquí hubo tres tipos órdenes intermedios diferentes.
- b. cadenas que iniciaban con el *león* y terminaban con el *venado muerto* (7 sujetos). Aquí hubo tres tipos órdenes intermedios diferentes.
- c. cadenas que iniciaban con la *planta* y terminaban con el *león* (3 sujetos). Aquí hubo dos tipos órdenes intermedios diferentes.

A diferencia de primero y segundo grado resalta aquí la diversidad de secuencias incorrectas y órdenes intermedios. En casi todas ellas se observó que en una u otra dirección la planta fue relacionada con el buitre y el venado vivo. Como se dijo antes todos los entrevistados de este grado representaron al buitre de diferentes maneras y, como se observó en los distintos niveles tróficos asignados al buitre, dichas representaciones guiaron las relaciones alimenticias y el orden dado a los organismos de esta cadena.

Por su parte, las entrevistas mostraron que los elementos utilizados para iniciar la cadena con el león:

- es carnívoro (25%)
- es el más feroz (es bravo, es más fuerte, tiene dientes muy afilados y mata gente)(37.5%)
- es el más grande (12.5%)

Los elementos utilizados para colocar la planta al final de la cadena:

- se la comen (25%)
- no se puede comer a nadie (12.5%)
- no puede matar a nadie (12.5%)

Los elementos que utilizaron los escolares de segundo grado fueron similares a los aplicados por los niños de primer grado. Por ejemplo:

Entr.: *¿Por qué empezaste con el león?*

Pedro, 8 años, segundo grado: *porque el león es el animal más bravo de la Tierra. Es bravo porque ha matado a varia gente y porque casi hay muy pocas posibilidades de que un venado mate a un león o de que un halcón (buitre) mate a un león.*

Entr.: *¿Por qué terminaste con la planta?*

Judith, 8 años, segundo grado: *porque la planta no se come a nadie y el venado muerto cuando esté vivo se come a la planta.*

Los niños de segundo grado también construyeron esta cadena por medio de eslabones independientes y, sin el buitre y el venado muerto, los eslabones podían involucrar a casi todos los miembros de la cadena, siempre y cuando consideraran al buitre como pájaro o ave. Así, la cadena no fue percibida como la interacción de un todo, sino más bien como la interacción entre relaciones predador-presa. Por ejemplo, un niño dio el siguiente orden a los organismos en su cadena:

león → venado muerto || venado → buitre → planta
 1 2 3 4 5

Y en la entrevista explicó:

Roberto, 7 años, segundo grado: *empecé, el león se come al venado muerto, ya lo mató, y luego este (buitre) se come a sus hojas del árbol, y el venado (vivo) se come a este (buitre).*

Así, el niño anterior formó la cadena por medio de dos eslabones:

- eslabón 1: león → venado muerto
- eslabón 2: venado → buitre → planta

Otra niña por su parte dio el siguiente orden:

• león → venado → planta || buitre → venado muerto
 1 2 3 4 5

En la entrevista explicó:

Jacqueline, 7 años, segundo grado: *un venado que está muerto porque se lo come el tigre (león). El tigre (león) se come al venado que está vivo, y el venado (vivo) se come a la hoja (planta) y el pájaro (buitre) se come al venado ya que está muerto.*

Esta niña construyó su cadena con tres eslabones:

- eslabón 1: león → venado → planta (cadena invertida)
- eslabón 2: pájaro (buitre) → planta
- eslabón 3: león → venado muerto

Nótese que el eslabón 1 anterior es una cadena invertida y la niña formó la cadena por medio de tres eslabones. Otra niña formó así la cadena:

- Planta \leftarrow buitres \leftarrow venado || venado muerto \leftarrow león
 1 2 3 4 5

En la entrevista explicó:

Berenice, 8 años, segundo grado: *y el pájaro (buitre) se come a la planta, luego el pájaro no, luego el pájaro va al segundo porque el pájaro se come a la planta, luego el venado (vivo) se come al pájaro, luego el león se come al venado (vivo), éste es primero porque está vivo y después lo deja así (muerto) porque ya se lo comió.*

En el fragmento de entrevista que se acaba de presentar, la niña construyó la cadena a través de dos eslabones, como si fueran dos cadenas, y los números los explicó de manera inversa:

- eslabón 1: planta \leftarrow pájaro (buitre) \leftarrow venado \leftarrow león (cadena invertida)
- eslabón 2: venado muerto \leftarrow león

Otra niña también solucionó esta cadena de maneja fragmentada y probando incluso cuatro diferentes maneras de solución al tratar de involucrar a todos los organismos de la cadena:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Ariadna, 8 años, segundo grado. *empecé con el león, después el venado vivo, porque el venado vivo se come carne y por eso se come esto (venado muerto) y ya después se murió el venado y, mm, es que ya no me acuerdo...*

Entr.: *¿Cómo lo harías ahorita?*

Ariadna: *ahorita hubiera puesto así como está aquí (uno al león, dos al venado vivo) pero aquí puse el tres para que este (buitre) picoteara a este (venado muerto) y ya se muriera y al árbol porque el venado (vivo) come hojas ¿no?, por eso, porque primero hubiera puesto este (venado vivo) el número uno, y el dos (plantas) y ya después el tres (al león): para que este (venado vivo) se coma a este (planta) y este (león) se coma a este (al venado vivo) y este (buitre) que picotea a este (venado muerto) y ya.*

Como se puede apreciar, la niña anterior se dio cuenta que los números que escribió en el instrumento ya no le convencen y trató de ordenar los organismos de diferentes maneras. Las relaciones que hizo son predador-presa, relacionó a un predador con dos presas, formó una cadena invertida (león, venado vivo, planta) y tuvo expresiones dubitativas (“mm”, “es que ya no me acuerdo”).

En síntesis, los niños de segundo grado formaron la cadena terrestre 1 por medio de eslabones relacionados o independientes donde, sin el buitre y el animal muerto, existieron cadenas invertidas. El criterio “quién se como a quién” y relaciones predador-presa que involucraban a más de tres elementos, independientes de la cadena como un todo, fueron suficientes para solucionar la cadena.

Tercer grado: en este grupo se identificaron *tres diseños de secuencias incorrectas*:

- a. cadenas que iniciaban con el *león* y terminaban con la *planta* (25 sujetos). Aquí hubo dos tipos órdenes intermedios diferentes.
- b. cadena que iniciaba con el *león* y terminaba con el *venado muerto* (1 escolar).
- c. cadena que iniciaba con la *planta* y terminaba con el *león* (1 escolar)

Como en la cadena marina y a diferencia de primero y segundo grado, la secuencia incorrecta “a” fue homogénea a lo largo de todo el grupo.

Las entrevistas revelaron que los elementos utilizaron para iniciar con el león:

- es el más grande (62.5%)
- es el más fuerte (50%)
- es el más salvaje (es más hábil, mata más rápido con uñas filosas, corre más rápido, es el rey de la selva, ordena a otros animales, mayor depredador de la selva) (25%)

Y los elementos que involucraron para terminar la cadena con la planta:

- Se la come cualquiera (37.5%)
- No se puede comer a nadie (50%)

Algunos ejemplos de los elementos anteriores:

Entr.: *¿Por qué empezaste tu tarea con el león?:*

Magdalena, 9 años, tercer grado: *porque es igual que el tiburón, es el más grande.*

Entr.: *¿Por qué terminaste tu tarea con la planta?:*

Marco, 9 años, tercer grado: *porque siempre se la comen, desde el grande al más chiquito siempre se la comen y hasta el último es la hierba.*

Los fragmentos de entrevistas anteriores muestran que los estudiantes de tercer grado utilizaron los elementos similares a los aplicados en la cadena marina. De hecho, la niña del ejemplo anterior menciona al tiburón para comentar que el león es el más grande.

Los niños de tercer grado construyeron cadenas incorrectas por medio de eslabones separados pero interrelacionados con los demás por medio del venado muerto. Como en segundo grado, sin el buitre y el venado muerto los estudiantes de tercero pudieron formar relaciones alimenticias invertidas, empezando con la planta y terminando con el león. Por ejemplo:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?:*

Magdalena, 9 años, tercer grado: *pues igual, lo mismo que esto (cadena marina): primero el león se come al venado, de aquí (el) ciervo (venado) se come al buitre y el buitre al venado (muerto) y el venado (muerto) a la planta, antes de morir se come plantas.*

La niña anterior estableció una relación predador-presa errónea (venado-buitre) y solucionó la cadena por medio de dos eslabones:

- eslabón 1: león → venado → buitre → venado muerto
- eslabón 2: venado muerto (antes de morir) → planta

Otro niño explicó así su cadena:

Marco, 9 años, tercer grado: *[Empecé] con el león, luego con el venado (vivo) que se comía a este (buitre), namás que aquí me equivoqué porque era a este (la planta). El león se come al venado (vivo), el venado (vivo) a la hierba y este (buitre) también se come a la hierba pero a veces carne que está muerta por eso se los llama carroñeros. [El buitre se come] a esto (venado muerto) y a esto (planta). [Al buitre] se lo come el león también, namás que primero este (venado vivo) y luego a este (buitre) a veces cuando lo encuentra.*

Nótese que el niño anterior menciona la palabra “carroñeros” y por eso relaciona al buitre con el animal muerto. Otros niños entrevistados de este grado también mencionaron tal palabra, mientras que en primero y segundo ningún escolar entrevistado lo hizo. Esto no quiere decir que algún niño de primero y segundo grado no conozca la palabra “carroñera” o que no sepa qué es o hace un buitre, simplemente indica que es posible que a medida que avanzan los grados el conocimiento de ciertas características de algunos animales es más específico. El niño del fragmento de entrevista que acabamos de exponer formó su cadena con tres eslabones:

- eslabón 1: león → venado → planta (cadena invertida)
- eslabón 2: buitre → venado muerto
- eslabón 3: buitre → planta
- eslabón 4: león → buitre

Véase que el eslabón 1 es una cadena invertida. De igual manera, el chico solucionó la cadena estableciendo relaciones predador-presa y representa a la cadena como si fueran cuatro cadenas diferentes. Esto, también se presentó en otros estudiantes entrevistados:

Entr.: *¿Cómo hiciste esta tarea?*

Tania, 9 años, tercer grado: *porque este (león) es más fuerte se come a este (venado vivo) y el zopilote (buitre) se come al otro venado (muerto) y el venado (muerto) se come a la planta y la planta ya no puede comer otras cosas.*

La niña anterior utilizó el elemento “más fuerte” para el león, la idea de que la “planta no puede comer”, relaciones predador-presa y el criterio “quién se come a quién” para solucionar la cadena. Pero además construyó su cadena por medio de dos eslabones fragmentados y estableció una relación predador-presa incorrecta (venado muerto-planta):

- eslabón 1: león → venado
- eslabón 2: zopilote (buitre) → venado muerto → planta

Otra niña explicó así su cadena:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Brenda, 9 años, tercer grado: *pues otra vez lo mismo (que la cadena marina): pues ahora, empecé con el león porque se come al venado (vivo), [después] pues seguí con el buitre porque, ¿por qué será? pues para él (buitre) es muy rico el venado (muerto), hasta el último es con la, mmm, otra vez con el venado: tres, cuatro, cinco, ¡ayyy!, me equivoqué aquí. [Ahora] empecé con el león, [después] con el venado (vivo), después con la planta y después el buitre se come al venado (muerto) que ya se había comido el león.*

Nótese que en la primera parte de la explicación anterior la niña formó dos eslabones separados: uno entre el león y el venado y otro entre el buitre y el venado muerto. Sin embargo, se dio cuenta que algo está mal, revisó lo que escribió en el instrumento y dio una nueva secuencia. En ésta, la niña formó su cadena con dos eslabones: en el primero la niña formó una cadena alimenticia invertida. Esto muestra nuevamente que el venado muerto y el buitre representaron una dificultad para solucionar esta cadena:

- eslabón 1: león → venado → planta (cadena invertida)
- eslabón 2: buitre → venado muerto

Casi todos los entrevistados de tercer grado supieron que el ave del instrumento era un buitre y por ello la tarea fue complicada al solucionar esta cadena relacionando a todos los organismos.

Por ejemplo:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

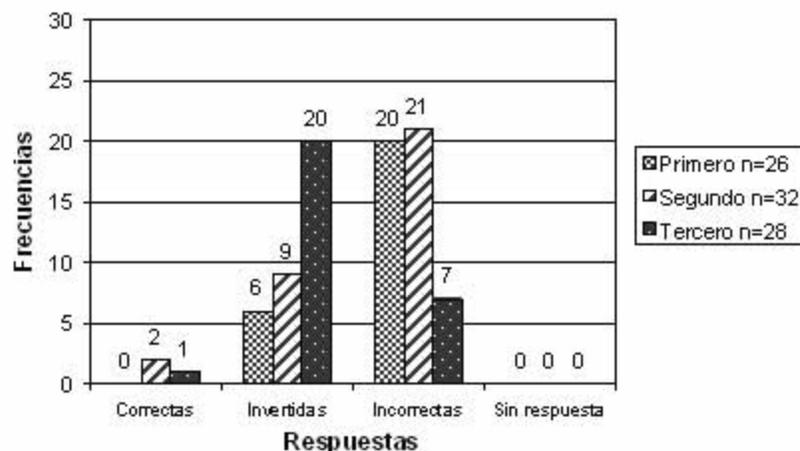
Kevin, 9 años, tercer grado: *el león puede comerse fácilmente al venado vivo, pero en esto me confundí porque ¿cómo se va a comer el venado vivo al buitre?. Esto me salió al revés, aunque ve, la verdad el buitre sólo puede comer animales muertos por eso le puse el dos al venado muerto y el cuatro al venado vivo, pero en esto fue en lo que, lo que me salió, mmm, medio complicado porque el venado vivo no podría comerse al buitre, pero en cambio puse el número dos al venado muerto porque quedó.....el venado muerto come a la planta y el venado vivo también. Yo también le pude haber puesto que el león se come al buitre, el buitre al venado muerto, mmmm pero quedaría lo mismo A ver, pues esta es la única manera que pude hacerlo, de otras también, de todas las que pude haber hecho hubiese salido el mismo resultado, por eso hice así (como lo escribió en la hoja). El león se come al venado vivo, éste se come al buitre me supongo, ¡no!, también el venado puede comer carne, puede comerse también al buitre, y el buitre se come al cadáver y el cadáver cuando estaba vivo se come a la planta.*

Como puede observarse, Kevin supo que el venado no se puede alimentar del buitre, que éste se alimenta sólo de cadáveres, mostró expresiones dubitativas (“mm”, “me supongo”), formó relaciones predador-presa incorrectas e intentó reordenar de diferentes maneras la cadena a fin de resolverla.

En general tenemos que los niños de tercer grado solucionaron la cadena terrestre 1 utilizando elementos similares a los aplicados en la cadena marina. Los estudiantes de este grado solucionaron esta cadena de manera fragmentada (cadenas invertidas) por medio de relaciones predador-presa y con base en el criterio “quién se come a quién”. Por último, los tipos de secuencias incorrectas fueron homogéneas a lo largo de casi todo este grupo.

Cadena alimenticia terrestre 2

La Gráfica 7 muestra el número de estudiantes que tuvieron los diferentes tipos de respuestas en la cadena alimenticia terrestre 2:



Gráfica 7. Número de estudiantes de los tres grados con diferentes tipos de respuestas en la *cadena terrestre 2*.

En la Gráfica 7 se puede observar que en segundo y tercer grado, aunque en pocos estudiantes, sí hubo respuestas correctas. Resalta el alto número de estudiantes de tercer grado con respuestas invertidas, mientras que el número de estudiantes con respuestas incorrectas en primero y segundo grado también es notable.

Como en la cadena marina y en la cadena terrestre 1, en segundo grado se identificó una diversidad notable de diseños de secuencias incorrectas. Asimismo, se encontraron dos diseños de secuencias incorrectas que se repitieron en los tres grupos.

Por otra parte, e independientemente del tipo de respuestas:

-en *primer grado* ($n = 26$) 14 estudiantes iniciaron la cadena con el *águila* y 12 sujetos lo hicieron con la *serpiente*, mientras que 21 escolares terminaron con la *planta* y 3 sujetos lo hicieron con el *ratón*.

-en *segundo grado* ($n = 32$) 11 sujetos iniciaron la cadena con el *águila*, 9 estudiantes con el *ratón*, 8 escolares con la *serpiente* y 4 sujetos con la *planta*, mientras que 16 estudiantes terminaron la cadena con la *planta* y 12 sujetos lo hicieron con el *águila*.

-en *tercer grado* ($n = 28$) 24 sujetos iniciaron la cadena con el *águila*, 3 participantes con la serpiente y 1 con la *planta*, mientras que 24 sujetos terminaron con la *planta*, 1 con el *águila* y 3 participantes no escribieron ningún número.

Nuevamente resalta que los niños de segundo grado iniciaron la cadena con diferentes organismos que los otros dos grupos. En general, los estudiantes de los tres grados tampoco representaron a la planta como productora en esta cadena alimenticia.

Respuestas correctas

Segundo grado: la única niña entrevistada con este tipo de respuesta comentó:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?*

Berenice, 8 años, segundo grado: *aquí es que el ratón se come a la planta, luego la víbora se come al ratón, luego el, la víbora ¿la víbora?, el pájaro (águila), no el, la águila se come a la víbora.*

Entr.: *¿Por qué empezaste con la planta?*

Berenice: *porque el ratón se alimenta de la rama de las hojas.*

Entr.: *¿Por qué terminaste con el águila?*

Berenice: *porque el águila se come a la víbora.*

Esta niña no atribuyó a la planta y al águila alguna característica especial para iniciar o terminar la cadena, sino que formó la cadena con base en el criterio “quién se come a quién” y las relaciones predador-presa: ratón-planta, víbora-ratón y águila-víbora. Los números en el instrumento (“1” planta, “2” ratón, “3” víbora y “4” águila) pudieron, como en las cadenas invertidas, indicar que las relaciones predador-presa eran al revés: planta-ratón, ratón-víbora y víbora-águila. Sin embargo, la explicación de la niña mostraron que las relaciones alimenticias hechas implicaron una dirección contraria a la escrita que, al final, muestra un orden correcto. No obstante, en la explicación la niña no mencionó aspectos relacionados producción, tamaño, pasividad, etc.

Tercer grado: en este grado sólo un niño formó correctamente esta cadena. Sin embargo, en la entrevista la explicó de manera invertida:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea? :*

Kevin, 8 años, tercer grado: *como la hice la primera (cadena marina): el águila se come al ratón, el ratón, digo no!, esta vez la hice diferente: el águila se come a la serpiente como nuestro escudo de la bandera, la serpiente se come al ratón, y el ratón acaba por comerse a la hierba.*

Entr.: *¿Por qué ahora empezaste con el águila?*

Kevin: *porque ella puede comerse a cualquiera de todos porque su mecanismo es como los humanos: pueden comer de cualquier cosa y también porque es el mayor depredador del aire igual que el buitro.*

Entr.: *¿Qué es un depredador?*

Kevin: *es algo que se come, que puede comerse a cualquiera de todos los animales.*

Entr.: *y ¿por qué terminaste con la planta?*

Kevin: *porque no puede comerse a ninguno de estos y todos en cambio pueden comerse a la hierba.*

El niño anterior al leer los números que escribió en el instrumento (“1” a la planta, “2” al ratón, “3” a la serpiente y “4” al águila) se dio cuenta de su aparente “error” y explicó la cadena de manera invertida utilizando los elementos de las respuestas invertidas: que la planta no se puede comer a nadie y que el primer elemento por lo general se puede comer a todos los demás por ser, en este caso, “el mayor depredador del aire”.

Respuestas invertidas

En primer el 23% de estudiantes tuvieron respuestas invertidas y en segundo el 28.1% de escolares tuvieron dicho tipo de respuesta. No se entrevistó a ningún participante de ambos grados. No obstante, un niño de primero y dos de segundo grado con respuestas incorrectas, en la entrevista explicaron la cadena de manera invertida. El niño de primero utilizó los mismos elementos de las dos cadenas alimenticias anteriores. Por ejemplo:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Max, 7 años, primer grado: *primero puse a la serpiente porque se come al ratón y el ratón se come a la mazorca y el ave (águila) se come a la serpiente ya cuando (la serpiente) tiene al ratón en la panza y no puede tener ya a sus bebés.*

Sin darse cuenta del orden el niño formó su cadena de manera invertida: terminó con el águila que se come a la serpiente una vez que ésta se comió al ratón, el cual ya se había comido a la planta. No obstante, obsérvese:

Entr.: *¿Por qué empezaste ahora con la serpiente?*

Max: *porque es venenosa y cuando te muerde en cualquier parte te mete su veneno y te puedes morir.*

Entr.: *¿por qué terminaste esta vez con el águila?*

Max: *porque es el que salva al señor que va pasando por ahí de que lo muerda la víbora.*

El niño anterior inició con la serpiente por considerarla venenosa y peligrosa porque mata con el veneno y terminó con el águila porque ella salva a un señor. Así, el niño formó esta cadena con base en algunas ideas previas, relaciones depredador-presa y el criterio “quién se come a quién”.

Por su parte, una niña de segundo grado con respuesta incorrecta también explicó la cadena de manera invertida utilizando los mismos elementos aplicados por aquellos estudiantes con cadenas terrestres invertidas.

Tercer grado: en este grado el 71.4% de estudiantes tuvieron respuestas invertidas. Las entrevistas revelaron que los elementos utilizados para iniciar con el águila:

- es más grande (12.5%)
- es más fuerte (12.5%)
- puede volar y los otros no (12.5%)
- es más salvaje porque caza muchos animales en el aire y es el mayor depredador de los aires porque puede comer cualquier animal (25%)
- ideas previas: televisión y en la bandera de México (25%)

Mientras que los elementos empleados por los niños para terminar con la planta de maíz:

- no puede comerse a nadie (62.5%)
- es comida por otros (25%)

Los elementos anteriores mostraron que para los estudiantes el elemento “tamaño”, “fuerza”, y algunas ideas previas relacionadas con el águila volvieron a ser aplicados como en las cadenas marina y terrestre 1. Por ejemplo:

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?*

Magdalena, 9 años, tercer grado: *pues lo mismo que las dos (cadenas) anteriores, como el águila real es más grande se come primero a la serpiente, la serpiente al ratón y el ratón a la planta.*

Entr.: *Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?*

Kevin, 8 años, tercer grado: *como la hice la primera (cadena marina): el águila se come al ratón, el ratón, digo no!, esta vez la hice diferente: el águila se come a la serpiente como nuestro escudo de la bandera, la serpiente se come al ratón, y el ratón acaba por comerse a la hierba.*

Asimismo, los elementos relacionados con la planta fueron los mismos de la cadena alimenticia marina y terrestre 1. Por ejemplo:

Entr.: *¿por qué empezaste con el águila?*

Oscar, 8 años, tercer grado: *porque es más salvaje que la serpiente y ya. Es salvaje porque ella caza muchos animales por el aire, llega de sorpresa de arriba y se los come más fácil.*

Entr.: *¿por qué empezaste con el águila?:*

Tania, 9 años, tercer grado: *porque es el animal más fuerte de todos estos.*

Entr.: *¿por qué terminaste con la planta?*

Marco, 9 años, tercer grado: *porque siempre es el último, porque él (maíz) no se come a nadie.*

Entr.: *¿por qué terminaste con la planta?:*

Kevin, 8 años, tercer grado: *porque esta no puede comerse a ninguno de estos y todos en cambio podrían comerse a la hierba.*

Por tanto, independientemente del tipo de cadena alimenticia, los niños de tercer grado utilizaron elementos y criterios similares para formar los tres tipos de cadenas alimenticias propuestas por el instrumento.

Respuestas incorrectas

Primer grado: en este grado el 76.9% de estudiantes tuvieron respuestas incorrectas. Se identificaron *seis diseños de secuencias incorrectas*. Se exponen dos diseños que tuvieron más de cinco personas:

- a. cadenas que iniciaban con la *serpiente* y terminaban con la *planta* (10 sujetos). Aquí hubo dos tipos órdenes intermedios diferentes.
- b. cadena que iniciaba con la *águila* y terminaban con la *planta* (5 sujetos).

Las relaciones que mostraron los datos fueron principalmente: serpiente-ratón y águila-planta. Así, las relaciones predador-presa vuelve a presentarse y parecería que la cadena es formada por dos eslabones. La mayoría de estudiantes de este grupo iniciaron la cadena con la serpiente y terminaron con la planta (secuencia "a"). En las entrevistas se vio que los elementos que utilizaron los estudiantes para iniciar la cadena con la serpiente:

- es la más peligrosa tiene veneno, muerde y mata (50%)

Y los elementos que utilizaron los niños para terminar la cadena con la planta:

- no puede hacer nada (50%)
- es más grande (37.5%)
- se la comen (25%)

Como se ve la peligrosidad de la serpiente fue importante para iniciar la cadena, mientras que el elemento “tamaño” no se presentó. Que la serpiente pueda picar, inyectar veneno y matar fue una idea que se presentó en varios estudiantes entrevistados a pesar de que en ningún momento se dijo que la serpiente del instrumento era venenosa. Por ejemplo:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Juan, 7 años, primer grado: *como el águila se come a la rata pro eso puse el águila el uno y después la rata dos y la tres puse a la víbora porque también se como a la víbora. La víbora pica al águila y se queda muerta.*

Entr.: *¿Por qué empezaste con la serpiente?*

Brenda, 7 años, primer grado: *porque es la más peligrosa, tiene veneno.*

Entr.: *¿Por qué empezaste con la serpiente?:*

Max, 7 años, primer grado: *porque es venenosa y cuando te muerde en alguna parte te mete su veneno y te puedes morir.*

En cuanto a la planta los elementos utilizados fueron los mismos. Por ejemplo:

Entr.: *¿Por qué terminaste tu tarea con la planta?*

Elías, 7 años, primer grado: *porque esta plantita está larga y no puede hacer nada, namás puede estar parada ahí con sus hojitas así*

Entr.: *¿Por qué terminaste tu tarea con la planta?*

Tatiana, 7 años, primer grado: *porque ellas no hacen nada.*

En las entrevistas no se identificaron elementos que relacionasen al águila con el tamaño, que sea salvaje, carnívora, etc. Dos participantes, por ejemplo, comentaron que iniciaron su cadena con el águila porque a ésta le gustaba muchísimo la rata, nada más.

Por otra parte, las entrevistas mostraron que algunos participantes de este grado (primero) formaron la cadena incorrecta por medio de eslabones separados que podían involucrar a más de dos miembros. Así, las relaciones predador-presa fueron suficientes para solucionar esta tarea. Por ejemplo:

Entr.: *¿Cómo hiciste esta tarea?*

Tatiana, 7 años, primer grado: *puse uno a la serpiente, después al ratón, después al águila y después a las hierbas. La serpiente se alimenta del ratón porque está chiquito y el águila se alimenta de la hierba porque le gusta comérsela.*

La niña anterior formó la cadena con dos relaciones:

- eslabón 1: serpiente → ratón
- eslabón 2: águila → planta

Otra niña comentó que el ratón no se comía a nadie pero que éste sí era alimento de otros organismos de la cadena:

Brenda, 7 años, primer grado: *la serpiente se come al ratón, el ratón no se come a nadie porque donde viven no hay nada que comer y estos (el águila y la serpiente) son tan peligrosos y él tiene miedo, nomás que el águila se puede comer a la serpiente porque las aprietan primero "pa" que salga el veneno. El águila se puede alimentar de la planta, nomás le arranca las hojitas.*

La niña anterior, como otros participantes, eligió dos presas para el águila y formó la cadena por eslabones:

- eslabón 1: águila → serpiente → ratón (cadena invertida)
- eslabón 2: águila → planta

Otro niño hizo lo mismo que la niña anterior pero respecto a la planta:

Juan, 7 años, primer grado: *el águila se come a la rata por eso puse al águila el uno y después [a] la rata el dos, y el tres puse a la víbora porque [el águila] también se come a la víbora. Puse al último la hierba, porque creo que la hierba no le gusta a ninguno de estos, nada más la víbora se sube en ella.*

Este niño eligió dos presas para el águila, formó la cadena mediante dos eslabones y dejó a la planta, aunque le escribió número cuatro, fuera de las relaciones alimenticias.

Como en la segunda tarea instrumento "relaciones predador-presa", se observó que los niños podían elegir más de una presa para un solo predador, situación que dificultó la construcción de esta cadena a ciertos niños. Por ejemplo:

David, 7 años, primer grado: *mira, la serpiente y el águila se pueden comer al ratón. El águila se puede comer al ratón porque es muy chico y puede agarrarlo con su patas y la serpiente se puede comer al águila porque está en los árboles y anda escondida en ellos y se puede comer al ratón porque tiene veneno y después se lo come. Primero va el águila, después el ratón, mmm, no sé cómo. Primero el ratón, segundo el águila, tercero la serpiente y el cuarto el maíz. No, la serpiente se come al ratón y el águila al maíz.*

El niño anterior mencionó el tamaño del ratón y por eso relacionó a éste con el águila, pero las posibles relaciones alimenticias entre uno y otro animal le complicaron el orden. Al final, y después de sopesar varias relaciones predador-presa y no decidir con cuál empezar, formó dos eslabones:

- eslabón 1: serpiente → ratón
- eslabón 2: águila → planta

De esta manera, algunos elementos utilizados en las dos cadenas alimenticias anteriores también fueron aplicados en esta cadena. No obstante, la peligrosidad de la serpiente es un elemento sobresaliente que guió la solución de esta cadena.

Segundo grado: en este grado el 65.6% de los sujetos tuvieron respuestas incorrectas. Aquí se identificaron *nueve diseños de secuencias incorrectas*. Se exponen sólo dos que se presentaron que más de cinco participantes:

- a. cadena que iniciaban con el *ratón* y terminaba con el *águila* (6 sujetos).
- b. cadena que iniciaban con la *serpiente* y terminaba con la *planta* (5 sujetos).

Como en la cadena marina y cadena terrestre 1, en esta cadena este grupo vuelve a presentar una diversidad de secuencias incorrectas más numerosa que los otros dos grados. A simple vista en las secuencias anteriores las posibles relaciones entre organismos parecían ser numerosas, direccionales, bidireccionales, fragmentadas, interrelacionadas o independientes. Y en efecto así fue, pues las entrevistas mostraron que los niños construyeron esta cadena mediante eslabones separados que involucraban a no más de tres organismos utilizando el criterio “quién se come a quién”, relaciones “predador-presa” e identificando al predador del nivel trófico más alto primero y al del nivel trófico más bajo después. Estos elementos fueron suficientes para solucionar la cadena. Por ejemplo:

Entr.: *¿Cómo hiciste esta tarea?*

Jacqueline, 7 años, segundo grado: *el águila se come a la víbora, la víbora se come al árbol y el ratón se come también al árbol.*

La niña formó la cadena por medio de dos eslabones:

- eslabón 1: águila → serpiente → planta
- eslabón 2: ratón → planta

Otro niño por su parte hizo lo mismo pero mediante tres eslabones:

Axel, 8 años, segundo grado: *primero la víbora se come al ratón y luego el águila se come a las hojas y luego de las hojas se come a la víbora.*

- eslabón 1: serpiente → ratón
- eslabón 2: águila → planta
- eslabón 3: águila → serpiente

Los elementos que utilizaron los niños para iniciar o terminar con un organismo esta cadena fueron diversos y por lo general se basaron en relación a la presa relacionada. Así tenemos que algunos estudiantes entrevistados empezaron con:

- la serpiente:
 - por ser venenosa (12.5%)
 - por que a ésta le gustan los ratones (12.5%)
 - porque es más grande que el ratón (12.5%)
 - el águila:
 - por ser más grande (12.5%)
 - el ratón:
 - porque el ratón come lo que sea (12.5%)
 - porque se come primero a la planta (12.5%)
 - por gusto (12.5%)

Mientras que los elementos para colocar al último a:

- la planta:
 - se la comen (12.5%)
 - al ratón:
 - es más chiquito (12.5%)
 - se come a la planta (12.5%)
 - al águila:
 - el ave (águila) se come plantas (25%)
 - le gusta la carne, las víboras (25%)
 - el águila come plantas (12.5%)

Algunos ejemplos de los elementos anteriores:

Entr.: *¿Por qué empezaste con la serpiente?*

Laura, 8 años, segundo grado: *porque la víbora se come a este (ratón) y porque es venenosa*

Entr.: *¿Por qué empezaste con el águila?*

Jacqueline, 7 años, segundo grado: *porque está más grande y le gusta la lombriz (serpiente).*

Entr.: *¿Por qué terminaste con el águila?*

Axel, 8 años, segundo grado: *porque a ellas les gusta toda la carne y también las víboras, las picotean y le sacan lo de adentro y se comen su carne y se va luego.*

Entr.: *¿Por qué terminaste con la planta?*

Pedro, 8 años, segundo grado: *porque no puede matar a nadie.*

En los fragmentos de entrevistas anteriores el elemento “tamaño” se presentó y guió el orden en algunos niños. También se puede apreciar que el águila fue representada como un “ave”. Esa representación, en algunos escolares, guió la idea de que el águila come hierba. Otros estudiantes en cambio, nombrando al águila por su nombre relacionan a ésta con la hierba y no la carne. Por ejemplo:

Entr.: *¿Por qué terminaste con la planta?*

Judith, 8 años, segundo grado: *porque los pájaros (águila) se alimentan del maíz, se pueden alimentar de todo tipo pero menos de carne.*

También se documentó que los números escritos en el instrumento no necesariamente implicaban una relación alimenticia unidireccional, sin que ésta podía ir también en dirección opuesta. Por ejemplo, una niña escribió el siguiente orden en el instrumento: “3” a la planta, “2” al ratón, “1” a la serpiente y “4” al águila.

Y en la entrevista explicó:

Laura, 8 años, segundo grado: *empecé con la víbora que se come al ratón y el ratón se come maíz y este (águila) se come a este (planta).*

Esta niña relacionó los organismos como indican las flechas:

Secuencia correcta	planta	ratón	serpiente	águila
	1	2	3	4
secuencia incorrecta:	3	← 2	← 1	← 4

Se puede apreciar que la cadena anterior quedó formada por dos eslabones:

- serpiente → ratón → planta (cadena invertida)
- águila → planta.

Así, los niños de segundo grado tuvieron más diversidad de diseños de secuencias incorrectas, formaron esta cadena terrestre con base en el criterio “quién se come a quién”, relaciones predador-presa, con diferentes elementos y de manera fragmentada.

Tercer grado: en este grado se identificaron *dos tipos de diseños de secuencias incorrectas:*

- a. cadena que iniciaba con la *serpiente* y terminaba con la *planta* (3 sujetos).
- b. cadena que inició con el *águila* y terminó con la *planta* (1 sujeto).

En la secuencia incorrecta “a” parecía que las relaciones eran tres eslabones independientes:

- águila-serpiente
- águila-ratón
- ratón-planta

En este caso, no fue así. En la entrevista una de las niñas con tal secuencia incorrecta explicó su orden de diferente manera:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Ilce, 8 años, tercer grado: *también me fijé como en la otra (cadena alimenticia), cuál era el, este, **la víbora se come al águila**, el águila al ratón y el ratón a la planta.*

Entr.: *¿Por qué empezaste con la víbora?*

Ilce: *porque a las víboras les gustan las águila, porque yo creo que es el primero que se come al águila, nada más.*

Entr.: *¿por qué terminaste con la planta?*

Ilce: *porque el ratón le gustan las plantas y las puede encontrar muy fácil.*

En esta explicación la niña eligió dos presas para la serpiente y el orden explicado es totalmente diferente a la interpretación que a primera vista se podría hacer de la secuencia escrita en el instrumento. La relación serpiente-águila es incorrecta o, al menos, muy poco probable, pero para esa niña esa relación es posible. Todo lo contrario sucedió con otra niña con secuencia “a” quien explicó:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Brenda, 9 años, tercer grado: *empecé con la serpiente porque esta se debe de comer a este (ratón), ¡imagínate que una serpiente se coma el águila! ¡ uyyy qué raro !, el águila se come la planta. El águila también se puede comer al ratón.*

Entr.: *¿por qué empezaste con la serpiente?*

Brenda: *pues porque debería ir así, porque fue la única forma que yo le encontré, porque las víboras me gustan y sería la primera.*

Entr.: *¿por qué terminaste con la planta?*

Brenda: *porque el águila también come plantas además de ratones*

A diferencia de la primera niña para Brenda es evidente que una serpiente no se puede comer un águila, incluso eso sería raro para ella. De la misma manera, la explicación dada concuerda hasta cierto punto con la interpretación que se haría a simple vista del orden escrito en el instrumento:

Secuencia	planta	ratón	serpiente	águila
Correcta	1	2	3	4
secuencia incorrecta:	3	→ 2	← 4	→ 1

Nótese en la secuencia anterior que el águila se relaciona con el ratón y la planta, es decir de manera bidireccional. En la explicación es claro que esta niña formó la cadena por medio de tres relaciones predador-presa y con base en el criterio “quién se come a quién” sin utilizar algún elemento como el tamaño, peligrosidad, etc., que otros niños aplicaron. Los tres eslabones fueron:

serpiente → ratón

águila → planta

águila → ratón

Por su parte, el niño con secuencia “b” explicó las relaciones entre organismos de manera unidireccional tal y como escribió en el instrumento:

Entr.: *¿Cómo hiciste tu tarea?*

Jesús, 8 años, tercer grado: *Fácil. Mira, haz de cuenta que el águila se come al ratón y el ratón se come a la víbora, la puede morder, y la víbora se come al maíz.*

Los tres ejemplos anteriores mostraron que relaciones que pueden ser o son muy poco probables como que una serpiente se como un águila o un ratón una serpiente para estos niños son posibles e incluso fáciles de establecer.

Uso de tarjetas de animales carnívoros y herbívoros: cocodrilo, elefante, jirafa y orca

Para mostrar las 4 tarjetas de animales se seleccionaron algunos sujetos, sólo aquellos estudiantes que durante la entrevista caracterizaran a los animales del instrumento como feroces, tranquilos, enojones, carnívoros, salvajes, etc. Se puso las cuatro tarjetas sobre la mesa y se pidió al niño o niña que eligiera aquellos animales que consideraran que eran feroces, carnívoros, etc., y explicaran sus razones:

Grado	Cocodrilo	Elefante
Primero <i>n</i> = 4	-es feroz porque come carne, es muy fuerte, peligroso, mata personas y animales	-es feroz porque puede comer a todos los demás animales, es más grande -no es salvaje porque come hierba y es amigable
Segundo <i>n</i> = 2	-es carnívoro porque se aferra a la carne, come carne humana, come carne de tortugas	-es herbívoro porque come pasto seco
Tercero <i>n</i> = 4	-es carnívoro porque es agresivo, caza, porque tiene un instinto animal, come carne -es depredador porque se puede comer al elefante	-es herbívoro porque come pasto seco -es carnívoro porque es más grande, caza, tiene colmillos -es salvaje porque corre fuerte y destruye cosas, con los cuernos puede matar personas
Grado	Jirafa	Orca
Primero <i>n</i> = 4	-es grande pero no hace nada -no es salvaje porque come hierba -es amigable	-es salvaje porque es peligrosa, tiene colmillos feos con sangre -es amigable porque en la película "Liberen a Willy" es bueno con su amigo
Segundo <i>n</i> = 2	-es herbívora porque come hierba, hojas de los árboles y está flaca	-puede ser buena si es entrenada
Tercero <i>n</i> = 4	-es herbívora porque come hierba, hojas de los árboles y está flaca	-es carnívora porque come peces, personas como en una película "Ballenas asesinas" -es carnívora porque come peces, es depredadora que puede comerse un elefante con su boca enorme -es herbívora, come algas

Tabla 11. Caracterizaciones del cocodrilo, el elefante, la jirafa y la orca.

Como se ve en la Tabla 11 muchas ideas previas guían las concepciones de estos niños cuando describen a un animal carnívoro o herbívoro. De manera general, el cocodrilo fue caracterizado de manera similar al tiburón de la cadena marina, mientras que la orca fue representada de diferentes maneras. No obstante, los niños supieron qué tipo de características

dar a cada especie de animal. Nótese por ejemplo, que la jirafa a pesar de ser más grande que los otros tres animales, es considerada como amigable, herbívora, etc. Cuando se preguntó a una niña de tercero que dijo que el elefante era carnívoro por ser grande y que la jirafa también era grande, comentó:

Magdalena, 9 años, tercer grado: *sí, pero esa es herbívora por lo mismo de que es, cómo le diré, es este, yo pienso que es este, por lo mismo de, no sé, por, porque no tiene esa fuerza como el cocodrilo o los leones.*

Entr.: *¿Cómo es esa fuerza?*

Magdalena: *es, este, tiene un instinto animal, este, de fuerza o furia y la jirafa no lo tiene. Pues sí, porque cuando voy al zoológico de Chapultepec las he visto, nos acercamos y agacha la cabecita y la tocamos y le damos de comer.*

Como esta niña, muchos otros niños entrevistados *intuyen* que un animal carnívoro por lo general es peligroso y que un animal herbívoro no. Estas intuiciones tuvieron un rol importante en el establecimiento de relaciones alimenticias y el nivel trófico que los niños asignaron o determinados organismos.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La presente investigación quiso conocer las ideas previas que los estudiantes de primero a tercer grado de primaria utilizan para construir cadenas alimenticias, si utilizaban o no primitivos fenomenológicos y si existían diferencias estadísticas entre los tres grupos. Después del análisis de resultados podemos concluir que:

- Los estudiantes de primero a tercer grado de educación primaria, entre 6 y 8 años de edad, construyen cadenas alimenticias por los extremos: identificando a los organismos considerados como los más grandes, feroces y peligrosos en el primer nivel trófico y al organismo considerado como pasivo o incapaz de hacer algo en el último nivel trófico, con base en el criterio “quién se come a quién”, relaciones predador-presa, ideas previas y p-prims.
- Los estudiantes de primero a tercer grado de primaria no representan a la planta como organismo productor.

Aunado a lo anterior, también encontramos que:

- Los estudiantes de primero y segundo grado de educación primaria forman cadenas alimenticias de manera fragmentada, por medio de eslabones relacionados o independientes que involucran a más de dos organismos.
- Las relaciones jerárquicas “de mayor a menor” son suficientes para la resolución de cadenas alimenticias.

Las ideas previas identificadas fueron:

- El león y el tiburón son más grandes, más furiosos, más fuertes, peligrosos, salvajes, devoradores de gente, enojones, depredadores sangrientos, se aferran a la carne, matan gente.
- La planta sólo sirve para adornar, es pasiva, incapaz de moverse y alimentarse, no tiene fuerza y cualquier organismo (por pequeño que sea) puede alimentarse de ella porque no puede defenderse.
- El águila es la mayor depredadora de los aires.
- La serpiente es peligrosa porque es venenosa.

- El predador del nivel trófico más alto (tiburón y león) puede alimentarse de todos los organismos que están debajo de él.

En las ideas previas anteriores se identificaron cuatro p-prims:

1. Algunos animales son considerados carnívoros si son más grandes, más feroces y más fuertes que algunos animales herbívoros.
2. Algunos animales son considerados herbívoros si son amigables y tranquilos.
3. La pasividad de la planta.
4. La relación mecánica y jerárquica de tamaño predador-presa.

Los cuatro elementos anteriores son p-prims porque cumplen con algunos principios heurísticos y propiedades propuestos por diSessa (1993; 2002):

-Cumplen con el *principio de obviedad* ya que para los estudiantes era obvio, común y familiar que una cadena alimenticia empiece con el organismo más grande, más feroz, peligroso y que termine con la planta porque “todos se alimentan de ella”, “sólo adorna”, “no puede moverse”, etc. Los escolares no veían nada raro en que el león se alimentara del venado e incluso esperaban este tipo de relación porque al león “le gusta la carne”, pero no comentaron que el venado se comía al león. Para los niños estas explicaciones eran tan obvias que en sí no eran problemáticas ni raras. De esta manera, los estudiantes generaron sus explicaciones con base en los p-prims que fueron activados por características específicas de los animales y, principalmente los escolares de segundo y tercer grado, por el contexto de la cadena terrestre 1 donde había un animal muerto y un ave carroñera.

-Cumplen con el *principio de impenetrabilidad* porque en la mayoría de los casos los estudiantes de primer y segundo grado estuvieron satisfechos con sus explicaciones acerca de las relaciones alimenticias que establecieron, incluso si éstas eran incorrectas. Por ejemplo, no veían nada raro en que una serpiente se coma a un águila o que un león se coma a un “halcón” (buitre). Los escolares de tercer grado, en cambio, no estuvieron satisfechos con el orden que dieron a los organismos de la cadena terrestre 1 porque no sabían cómo enlazar el eslabón buitre-animal muerto con los otros organismos. Sin embargo, después de expresar un nuevo orden que incluía dicho eslabón los niños quedaban satisfechos con su explicación porque para ellos “ésa era la única manera de ordenar a los organismos”.

-Cumplen con el *principio de vocabulario fuerte* porque los p-prims identificados fueron codificados visualmente (tamaño) y por características abstraídas de interpretaciones superficiales de experiencia (el tiburón y león eran más feroces y grandes, la planta era pasiva, la serpiente peligrosa por su veneno). Los p-prims fueron clasificados de acuerdo a este vocabulario.

-Cumplen con el *principio de génesis no problemática* porque la construcción de cadenas alimenticias se basó en algunos eventos comunes de los cuales fueron extraídos (“la planta no se mueve”, “no puede comer”, “el tiburón ataca a las personas”, etc.).

-Cumplen con el *principio de funcionalidad* porque los p-prims identificados ayudaron a solucionar las cadenas alimenticias de manera heurística, mecánica, causal y jerárquica. Para los niños fue fácil solucionar las cadenas por los extremos al identificar a los organismos del nivel trófico más alto y al del nivel trófico más bajo, mientras que el orden intermedio era establecido por relaciones predador-presa de manera mecánica (“este se come a este, éste a este”). Así, los p-prims desempeñaron una función de reconocimiento que hizo útil y fácil explicar las relaciones alimenticias y solucionar las cadenas.

-Cumplen con el *principio de invarianza* porque los p-prims identificados, en su mayoría, fueron aplicados en los tres tipos de cadenas alimenticias. Además, algunos p-prims que no se esperaban que fueran aplicados en unas cadenas sí lo fueron y en otras que se esperaba que fueran aplicados no lo fueron. Por ejemplo, algunos niños de primero y segundo grado que utilizaron el tamaño y la ferocidad para solucionar la cadena marina y la cadena terrestre 1 no lo hicieron en la cadena terrestre 2, donde el elemento “peligrosidad” tuvo un rol prominente para iniciar la cadena con la serpiente y no el tamaño del águila. En cambio, los niños de tercer grado utilizaron los mismos p-prims en los tres tipos de cadenas.

-Cumplen con el *principio de discrepancia* porque los p-prims cubrieron casos ordinarios, formas de alimentación entre varios organismos y fueron extraídos de algunas experiencias comunes.

-Son *pequeños y monolíticos*. El tamaño, la ferocidad, la pasividad y la peligrosidad de algunos organismos fueron evocados como simples elementos de conocimiento que se originaron de interpretaciones superficiales de experiencias comunes.

-No mostraron *relaciones deductivas* ni tampoco *sistematicidad*. Las explicaciones que dieron los escolares para ordenar de determinada manera los organismos eran construcciones espontáneas ante estímulos específicos de los organismos y los tipos de cadenas alimenticias. Por ejemplo, los diferentes y espontáneos cambios de orden que los niños de segundo y tercer grado intentaron hacer en la cadena terrestre 1 revelaron que los estudiantes reaccionaron ante aspectos específicos de la situación: la presencia de un animal muerto y un ave carroñera. La

naturaleza espontánea de las explicaciones basadas en los p-prims identificados se relacionaron con expresiones dubitativas como “supongo que”, “mmm es que no sé cómo”, “creo que es así, ¡no!, mmm”. Estas expresiones mostraron que las ideas de los estudiantes al resolver la cadena terrestre 1 no eran organizadas, sistemáticas, coherentes y generalizadas, sino más bien menos organizadas de manera fragmentada y débil.

La presencia de un animal muerto y un ave carroñera fue la característica particular de la cadena terrestre 1 que reveló una variabilidad en el mecanismo causal utilizado por los niños en sus explicaciones. Es decir, en la cadena marina y en la cadena terrestre 2 los niños de tercer grado y algunos de segundo utilizaron el mismo mecanismo causal (criterio “quién se come a quién” y relaciones predador-presa) para solucionarlas; ese mismo mecanismo causal fue utilizado para relacionar al león, al venado y a la planta por un lado (eslabón 1) y por otro al buitre y al animal muerto (eslabón 2). Sin embargo, el mecanismo causal utilizado hasta ese momento por los escolares sufrió una alteración, pues ya no era útil porque no sabían cómo enlazar los eslabones anteriores en función de las características del buitre (ave carroñera) y el animal muerto (ya no puede alimentarse). Entonces, los estudiantes tuvieron que reorganizar su red casual buscar otros mecanismos que fueron concebir al venado vivo y al venado muerto como el mismo animal o como dos venados diferentes logrando unir ambos eslabones por medio de relaciones predador-presa incorrectas tales como: animal muerto-planta, león-buitre o dejando la cadena como dos eslabones separados. No obstante, los estudiantes sabían que esas relaciones estaban mal, pero con el fin de dar una explicación o solucionar la cadena relacionaron los organismos de manera unidireccional. Así, las expresiones dubitativas y el cambio de explicaciones fueron indicadores de que los estudiantes estuvieron razonando sus intuiciones centrales basadas en las características de la situación.

-Los p-prims *trabajaron por reconocimiento*. Los escolares supieron manejar y ordenar a los organismos de acuerdo a un orden jerárquico de tamaño y relacionaron ciertas características a los organismos de acuerdo a la especie del animal.

-Eran *primitivos explicativos con ausencia de justificación*. Para los estudiantes el orden incorrecto dado a los organismos en las diferentes cadenas alimenticias era “así”, “no había otra forma”. O cuando los escolares comentaron que “el león puede ser carnívoro *nomás*, pero herbívoro no puede ser” porque se “vería ridículo” no sabían cómo explicarlo y tampoco veían en ello algo problemático. Así, tales comentarios revelaron la ausencia de justificación de tales respuestas.

Como se documentó en este estudio desde los primeros grados de primaria los estudiantes pudieron identificar un animal herbívoro y un carnívoro. Incluso con algunas dificultades para diferenciar y representar a ciertos animales estímulo del instrumento, la mayoría de los alumnos de los tres grados pudieron distinguir que un animal carnívoro por lo general come carne y que un herbívoro por lo general se alimenta de plantas. Aunque la identificación de las características de los animales carnívoros o herbívoros no era un objetivo central de la presente investigación, los datos obtenidos en la tarea 1 y en el uso de las tarjetas con diferentes animales, muestran que desde grados escolares inferiores los estudiantes son capaces de reconocer un animal herbívoro de un carnívoro y relacionarles ciertas características de ferocidad, pasividad, etc., con base en su biología intuitiva. Pero la biología intuitiva induce a errores (Pinker, 2003) y el presente trabajo no fue la excepción. Por ejemplo, muy pocos escolares consideraron posible que un animal dejara de ser carnívoro o herbívoro con sólo modificar su alimento o con entrenarlos para ello.

En la cadena alimenticia marina las explicaciones dadas por los estudiantes de los tres grados revelaron que su solución fue mucho más fácil que las cadenas terrestre 1 y terrestre 2. Más de la mitad de toda la muestra (47 de 86 participantes) formaron cadenas marinas invertidas, y, a diferencia de los diversos tipos de respuestas identificadas en primero y segundo grado, casi todos los estudiantes de tercer grado construyeron cadenas marinas invertidas.

La solución se basó principalmente en el tamaño de los organismos y en la pasividad de la planta. Sin ésta las relaciones alimenticias fueron establecidas de manera mecánica (ese se come a este, éste a este) en función de una jerarquía de tamaños de los organismos que iban del más grande al más pequeño. Por ejemplo, los estudiantes utilizaron palabras como “grandote”, “grande”, “mediano”, “chico” y “más chiquito” para referirse al tiburón, al pez mediano, pez chico y al camarón del instrumento. De manera similar, Reiner y Eilam (2002) encontraron que para estudiantes adolescentes el tamaño de los organismos era un factor principal en la construcción de cadenas alimenticias. Para esos adolescentes los organismos grandes *siempre* se comen a los más pequeños y una cadena alimenticia era representada como una serie jerárquica de organismos que se comen unos a otros de acuerdo al orden de su tamaño y donde.

Ya desde la tarea 2 del instrumento, se pudo observar que el p-prim relacionado con el tamaño de los organismos guió el establecimiento de relaciones predador-presas y la construcción de cadenas alimenticias. Por ejemplo, un niño de tercero comentó que del conejo, la rata y el venado, el tigre prefería comerse primero al venado porque “primero es del más grandote al más chiquito”. Otro niño del mismo grado dijo que la planta iba al final de la cadena marina porque “siempre se la comen, desde el más grande al más chiquito”. A través de las

entrevistas también se documentó que el tamaño de los organismos no sólo se relacionó con la altura de los organismos, sino también con la “cantidad de carne” que la presa podía ofrecer a un predador. Esta representación del elemento tamaño también fue importante en el establecimiento de relaciones predadores-presa.

De esta manera, desde niveles educativos primarios hasta niveles educativos secundarios las relaciones jerárquicas de mayor a menor son constantes, codificadas visualmente, dominantes y suficientes para relacionar predadores y presas y solucionar ciertos tipos de cadenas alimenticias.

Algunas ideas relacionadas con la planta y el tiburón eran abstracciones de experiencias comunes. Por ejemplo, muchos estudiantes vieron que las algas de la cadena marina eran más grandes que el camarón, pero las pusieron al final porque para ellos las algas eran incapaces de hacer algo. Asimismo, es poco probable que algún niño haya tenido un acercamiento real con algún tiburón para considerarlo “sediento de sangre”, “enojón”, etc. Pero como muchas ideas previas se originan de fenómenos cotidianos (Flores, 2004) y de ideas equívocas generalizadas, en la vida diaria los tiburones suelen ser representados tal y como muchos estudiantes los describieron aquí. En este sentido, Thompson y Mintzes (2002) comentan que los tiburones gozan de una “imagen pública negativa” debido a diferentes factores tales como los medios de comunicación masiva.

Una idea previa relevante mencionada por un estudiante de primero y otro de tercero fue que el “tiburón se podía comer a todos los demás” organismos de la cadena alimenticia. Eso implícitamente significa que el elemento colocado como organismo del primer nivel trófico (el tiburón) puede alimentarse de todos los organismos que están debajo de él. Esta idea se ha presentado de manera similar en adolescentes entre 16 y 18 años de edad. Para esos adolescentes una población de especies localizada en lo más alto de una cadena alimenticia, dentro de una trama alimenticia, son los predadores de todas las poblaciones localizadas debajo de ella en una cadena alimenticia (Munson, 1994; Barman y cols., 1995).

En la cadena alimenticia terrestre 1 casi todos los estudiantes de los tres grados construyeron esta cadena de manera incorrecta. Tanto el número de diseños secuencias incorrectas como el orden intermedio de los organismos fueron más diversos en primer y segundo grado que tercero. Esta diversidad de secuencias incorrectas posiblemente se deba a que se relaciona con la representación y la diferenciación que los escolares de primero y segundo grado hicieron del buitre. Las entrevistas revelaron que más de la mitad de los estudiantes de primero y casi todos los de segundo grado representaron al buitre como un ave, pájaro, halcón, águila, cuervo, etc. Estas representaciones en primera instancia son correctas porque el buitre es un ave, pero es un ave que se alimenta de cadáveres o basura.

Probablemente muchos estudiantes no entrevistados hayan pasado por algo similar y relacionaron al buitre con otros organismos de la cadena guiándose por las características de otra especie de ave. Este aspecto se refuerza con la asignación del buitre y el animal muerto a lo largo de los cinco niveles tróficos: en tercer grado el buitre aparece en el tercer nivel trófico y el animal muerto en el cuarto nivel trófico, mientras que en primero y segundo grado, el buitre y el animal muerto aparecen a lo largo de los cinco niveles tróficos. En tercer grado es clara la relación predador-presa entre el buitre y el animal muerto. Entonces a medida que se avanza de nivel escolar la representación y el conocimiento del comportamiento del buitre como ave carroñera son claros debido a un enriquecimiento de conocimientos y experiencias con respecto a un ave carroñera. Gallegos y cols. (1994) también encontraron que estudiantes de cuarto a sexto grado de primaria relacionaron al buitre con el venado muerto principalmente, a pesar de que también encontraron dos tipos de secuencias incorrectas donde el buitre se relacionaba con la planta.

Es factible que la diversidad de secuencias incorrectas se deba a lo anterior. No obstante, no podremos saber con certeza a qué se debió este fenómeno hasta aplicar un estadístico que permita igualar diferentes muestras y así observar si el fenómeno se presenta nuevamente o no. Ésta podría ser una propuesta de investigación.

Para solucionar la cadena terrestre 1 la mayoría de los estudiantes de los tres grados identificaron a los elementos considerados del primer y último nivel trófico. Las entrevistas revelaron que los elementos utilizados en la cadena marina fueron aplicados también esta cadena. Por ejemplo, una niña de tercer grado comentó que empezó la cadena con el león “porque es igual que el tiburón, es el más grande”. En segundo grado, sin embargo, más de la mitad de los estudiantes colocaron en el instrumento a otros organismos como últimos miembros de la cadena. ¿Qué sucedió con el orden intermedio de los organismos de la cadena terrestre 1 en los tres grados?.

Se encontró que el orden intermedio fue variado en primer y segundo grado de acuerdo con las características relacionadas al buitre, mientras que en tercer grado el orden intermedio en casi todos los estudiantes fue homogéneo. Las relaciones intermedias entre los organismos fueron realizadas a través de relaciones predador-presa aisladas o interrelacionadas con base en ideas previas, p-primos y características de los organismos. Sin el buitre y el cadáver muchos escolares entrevistados de segundo y tercer grado formaron cadenas invertidas con los organismos restantes. Por ejemplo, el 85.7% de los estudiantes de tercer grado escribieron el número 1 al león, el número 2 al venado, el número 3 al buitre, el número 4 al animal muerto y el número 5 a la planta. De acuerdo a ese orden se aprecia las relaciones predador-presa león-

venado y buitre-animal muerto y la planta quedaba sola. Esto se podía interpretar de dos maneras:

- en una el buitre después de comerse al venado muerto se alimentaba de la planta
- en otra venado vivo se comía a la planta sin importar que entre éste y la planta estaba la relación buitre-venado muerto, es decir, se formaría una cadena invertida león-venado-planta.

En las entrevistas se vio que los escolares sabían que el venado no podía comerse al buitre o que el venado muerto (dada su intuición sobre un cadáver: ya no se puede mover, ya no crecerá, ya no está consciente y eso es irreversible) no podía alimentarse de la planta como indicaba el orden antes expuesto. Por tanto, algunos escolares formaron cadenas invertidas león-venado-planta y, con el afán de conectar es cadena invertida con la relación buitre-cadáver, intentaron formar la cadena de diferentes maneras. Por ejemplo, una niña de segundo grado intentó formar esta cadena hasta de cuatro formas diferentes, siempre de manera fragmentada. Otros estudiantes en cambio al no saber cómo relacionar a todos los organismos de la cadena y con tal de dar una solución, aunque sabían que no era posible, formaron relaciones alimenticias incorrectas como cadáver-planta. Por ejemplo:

Jesús, 8 años, tercer grado: *primero el león se come al venado vivo, éste se come al venado muerto, luego el venado vivo, ah no! no, no, no, ah bueno sí, sí sí, creo que sí, luego el venado muerto, bueno creo que no se puede ¿no?... ay bueno, el venado muerto yo le puse que se comería al buitre, y el buitre se come a la planta.*

De esta manera, enlazar el eslabón buitre-cadáver con los demás organismos fue una tarea complicada principalmente para los estudiantes de segundo y tercer grado debido al conocimiento sofisticado de las características del buitre. En cambio, para los niños de primer grado la cadena quedaba solucionada mediante relaciones predador-presa aisladas o interrelacionadas sin importar si esas relaciones eran correctas o incorrectas o resultaban en una cadena unificada.

La cadena terrestre 1 es complicada de resolver porque plantea dos contextos diferentes que deben ser organizados y explicados en uno solo. En el primer contexto tenemos a cuatro organismos vivos (león, venado, buitre y planta) y en el segundo contexto tenemos un cadáver. Ambos contextos deben ser organizados de tal manera que su interacción genere una cadena alimenticia entre todos los organismos. Para solucionar esta cadena se documentó que los estudiantes de los tres grados concibieron esta cadena de dos maneras:

-En la primera, algunos escolares explicaron las relaciones alimenticias concibiendo al venado y el venado muerto como el mismo animal en estados diferentes, muerto y vivo. Por ejemplo, muchos niños comentaron que el león primero se comía al venado vivo y “luego” lo dejaba así (venado muerto) y después “llegaba” el buitre volando y “picoteaba tantita carne” (del venado muerto). En efecto, para poder solucionar esta cadena correctamente se tiene que concebir a los dos venados como el mismo animal. Sólo que en la versión correcta el venado se alimenta de la planta, el león se come al venado, deja algo del cadáver y entonces el buitre se alimenta de esos restos. Así, la planta es el primer organismo, el venado vivo el segundo, el león el tercero, el venado muerto el cuarto y el buitre el quinto. Sin embargo, ni en las instrucciones del instrumento ni en las entrevistas se dijo a los niños que el venado vivo y el venado muerto eran el mismo.

-En la segunda forma de concebir esta cadena algunos estudiantes representaron al venado vivo y al venado muerto como dos venados diferentes. Desde esta representación la organización de la cadena es complicada porque implica organizar dos tipos de contextos: la relación buitre-cadáver y los demás organismos (planta, león, venado vivo). Por esto, muchos estudiantes de segundo y tercer grado no supieron cómo enlazar ambos contextos. Además, sabían también que el buitre era predador más no presa de alguien. Así, la cadena quedaba formada por medio de eslabones aislados o relaciones invertidas. Quizás por esto, más de la mitad de los estudiantes de cuarto, quinto y sexto grado investigados por Gallegos y cols. (1994) también tuvieron respuestas incorrectas en esta cadena.

En la cadena terrestre 2 destacaron las diversas ideas previas utilizadas por los niños más jóvenes para iniciar la cadena con diferentes organismos. En primer y segundo grado el tamaño de los organismos poco o nada tuvo que ver con la organización de la cadena, mientras que en los chicos de tercer grado el tamaño tuvo un papel importante. En primer grado la idea previa de que la serpiente es peligrosa debido a su veneno que puede causar la muerte fue relevante. Con base en esa idea, que es una abstracción fenomenológica, los escolares de primer grado concibieron a la serpiente como el organismo del primer nivel trófico y guió el establecimiento de relaciones predador-presa incorrectas como la relación serpiente → águila.

Por su parte, los escolares de segundo grado tuvieron razones más diversas para iniciar o terminar la cadena con diferentes organismos. Por ejemplo, algunos empezaron la cadena con la serpiente por considerarla venenosa, o iniciaron con el águila porque era “la más grande” o con el ratón porque “come lo que sea” o terminaron con el ratón porque “era el más chiquito” pero también porque éste al final se comía a la planta. En tercer grado en cambio, la mayoría de los estudiantes solucionó la cadena utilizando elementos similares a los de las cadenas

anteriores, involucraron a todos los organismos y sólo en 3 de las 4 cadenas incorrectas se identificaron relaciones predador-presa aisladas o relacionadas. Como la cadena marina, la cadena terrestre 2 tampoco resultó difícil de formar para la mayoría de los niños de tercero debido a la representación e identificación correcta de los distintos organismos y a un establecimiento de relaciones alimenticias con base en el tamaño y características atribuidas a los organismos.

Gallegos y cols. (1994) encontraron que los niños de cuarto a sexto grado utilizaron dos tipos de criterios para solucionar los tres tipos de cadenas alimenticias aquí aplicadas. El primero era “quién se come a quién” y el segundo era “quién es comido por quién”. Cuando los escolares utilizaron el primer criterio formaban cadenas correctas y cuando se basaban en el segundo criterio construían cadenas invertidas. En la presente investigación se encontró que los niños de primero a tercer grado construyeron cadenas correctas, incorrectas o invertidas sólo con base en el criterio “quién se come a quién”. Esto muestra que existen restricciones cognitivas propias de etapas del desarrollo humano, pues los niños más jóvenes, al establecer relaciones alimenticias, no son capaces de realizar la operación inversa que implica el criterio “quién es comido por quién” y construyen cadenas alimenticias de una manera mecanicista, rápida y sencilla.

Como estudiantes de niveles educativos más avanzados (Gallegos y cols., 1994; Barman y cols., 1995; Hogan y Fisherkeller, 1996; Reiner y Eilam, 2001 y Shepardson, 2002) los niños de primero a tercer grado de primaria no conciben las plantas como organismo productor. En el presente estudio se documentaron ideas previas interesantes y similares a las identificadas por otros investigadores en diferentes tipos de muestras. Por ejemplo, en primer grado se presentó una idea previa que no se volvió a repetir en los otros dos grados. Ésta era que la planta ocupa el último lugar de una cadena alimenticia porque “no puede moverse”. Esta idea puede interpretarse de dos maneras:

- la planta no puede mover sus hojas, tallo, raíces, etc., para alimentarse
- la planta no puede trasladarse de un lado a otro para conseguir alimento

El primer aspecto estaría relacionado con ideas similares a las de los estudiantes de segundo y tercer grado. Para esos escolares la planta iba al último porque “no puede comer a nadie porque no tiene boca”.

El segundo aspecto estaría relacionado con la idea que los niños de primero y segundo “aprenden” en la escuela. En los libros de texto que utilizan se expone que la principal diferencia entre los animales y las plantas es la *forma* de alimentarse, las últimas *no necesitan moverse* para conseguir alimento, mientras que *los primeros sí* (Chapela, 2002a; Chapela 2002b).

Dado que en la vida cotidiana no vemos a las plantas moverse de un lado a otro, ni observamos cómo se alimentan y producen comida para otros organismos, pero sí vemos como otros organismos se alimentan de ellas, la idea de pasividad de la planta se relaciona con la experiencia cotidiana. En este sentido, una niña de segundo grado explicó que “aunque las hierbas sean más grandes que el calamar (camarón), éste tiene más fuerza y dientes y las hierbas no”, otra niña dijo que la planta iba al último porque “era la más pequeña”, pero rectificó y dijo que “no, más bien el cangrejo (camarón) es el más pequeño, pero éste come algas”. La idea de pasividad es un fragmento de conocimiento abstraído de la experiencia que se tiene con las plantas y esta es la razón por la que los estudiantes, en el contexto de cadenas alimenticias, colocan la planta como último elemento. Además el rol vital que ésta tiene en cualquier ecosistema es un fenómeno que se aprende en la escuela.

Otras ideas previas identificadas en algunos escolares de primer grado fue que la planta iba al final de la cadena porque era “una cosa”, “sólo está ahí”, “no hace nada” y “sólo adorna”. Estas ideas muestran que dichos escolares conciben a la planta como un adorno, una cosa que simplemente está ahí, aparentemente, sin algún rol importante en el funcionamiento de las cadenas alimenticias. De manera similar, Palmer (1999) encontró que para adolescentes entre de 12 y 16 años de edad algunos organismos como la medusa, la estrella de mar y el alga no tienen un rol en su ambiente porque no hacen nada significativo pues “sólo están ahí”. Por su parte Munson (1994) también reportó que para algunos estudiantes una variación en la población de un organismo no afecta un ecosistema porque algunos organismos no son importantes.

Entonces, desde temprana edad los estudiantes no conciben a las plantas como organismos productores, importantes y necesarios en las cadenas alimenticias. De esta manera, el p-prim relacionado con la pasividad de la planta se mantiene constante a través de los diferentes niveles escolares. Por ejemplo, como los niños de este estudio, jóvenes de edades más avanzadas tampoco pueden generalizar que los organismos productores son la base de una cadena alimenticia (Hogan y Fisher, 1996), no incluyen un productor como primer enlace de una cadena alimenticia (Reiner y Eilam, 2001), no mencionan términos como productor y consumidor cuando describen cadenas alimenticias (Barman y cols., 1995) y les cuesta trabajo comprender que las cadenas alimenticias también son un proceso a través del cual la energía y la materia son transformadas (Reiner y Eilam, 2001; Barman y cols., 1995; Lin y Hu, 2003). Sin embargo, en otros tipos de tareas los estudiantes son capaces de considerar el rol que tienen los productores para especies que no están relacionadas directamente con ellos e incluso prevén las posibles consecuencias que tendría la eliminación de organismos productores (Hogan, 2002). Por tanto, dependiendo del contexto de las tareas (instrucciones,

dibujos, información escolar previa, etc.), los niños aplican diferentes conocimientos y mecanismos causales relacionados con los organismos productores y su función en una cadena alimenticia.

El concepto científico de productor y el proceso de elaboración de alimento involucran entes bióticos, entes abióticos (no visibles) y procesos físico-químicos donde la energía luminosa es transformada en energía química. Algunos de estos conceptos científicos son conocidos, enseñados y “aprendidos” por primera vez en la escuela y, en nuestro caso, en tercer grado de primaria. No obstante, a pesar de que dichos conceptos sean revisados en clase, los datos muestran que en general es más sencillo y práctico formar cadenas alimenticias colocando las plantas como últimos elementos porque esa es la manera en cómo interactuamos en el mundo con ellas. Por ejemplo, en el presente estudio si los diferentes conceptos científicos hubieran tenido un rol sobresaliente, entonces los niños de tercer grado que estaban repasando el tema de cadenas alimenticias durante las entrevistas, habrían mencionado algunos aspectos relacionados con ellos. Pero no fue así. Por el contrario, casi todos los estudiantes de tercer grado formaron cadenas marinas y terrestre 2 invertidas y en sus explicaciones nunca mencionaron palabras como productor, fotosíntesis, etc., sino elementos iguales y similares a los utilizados por los estudiantes de primer y segundo grado. Esto muestra que la aprehensión de conceptos escolares no es un proceso sencillo y rápido y que las ideas previas y los p-prims fueron más útiles y productivos en las explicaciones de los estudiantes. Donde fue evidente que la enseñanza escolar tuvo un rol en las concepciones de algunos estudiantes de tercer grado fue en algunos ejemplos de cadenas alimenticias que dieron. Por ejemplo, una niña de tercer grado describió el gráfico que ilustra una cadena alimenticia de su libro de texto (puma-conejo-hierbas) y otro niño explicó la cadena alimenticia que acababa de revisar en su clase.

Con la discusión que se ha hecho hasta este punto, hemos revelado p-prims en el campo biológico. De esta manera, la presente investigación concuerda con los argumentos de diSessa (2000) de la existencia de infinidad de p-prims en campos diferentes a la física. En ese sentido, uno de los objetivos de la teoría del conocimiento en fragmentos de diSessa (1993) es comprender el *ingenuo “sentido del mecanismo”* que implica el sentido común, las predicciones, las explicaciones y los juicios en relación a *situaciones mecánicamente causales*. La *ingenua causalidad física* consiste en un *rico sistema de elementos* llamados primitivos fenomenológicos que son parte de un sistema cognitivo, están organizados hasta cierto punto, son abstracciones relativamente simples de experiencias comunes, no necesitan explicaciones, etc. Southerland y cols. (2001) argumentan que “los estudiantes también adquieren una *visión de mecanismo* para muchos aspectos del mundo biológico” (p.344). Según diSessa (1993) la colección de p-prims

presentes en el sujeto ingenuo carecen de estructura, es decir, los enlaces y la confiabilidad están establecidos sólo en pequeños “vecindarios” de la red casual. Estos fragmentos de conocimiento son de diferentes tipos y, a medida que el alumno avanza en la escuela, van cambiando, organizándose y modificándose de diferentes maneras hasta llegar a la pericia.

Gallegos y cols. (1994), con la aplicación de la prueba estadística Chi cuadrada ($N = 506$), no encontraron diferencias estadísticas entre estudiantes de cuarto, quinto y sexto grado de primaria de diversas escuelas privadas y públicas en la construcción de cadenas alimenticias. Con la aplicación de otra prueba estadística tampoco encontramos diferencias estadísticas significativas en la cadena marina y cadena terrestre 1 entre primero, segundo y tercer grado de primaria, pero sí se encontraron diferencias estadísticas significativas en la cadena terrestre 2 entre los tres grupos. Esto, quizás, se deba a un conocimiento e identificación más sofisticado de los animales implicados en la cadena terrestre 2 por parte de los estudiantes de tercer grado. Como se vio, casi todo el grupo construyó esa cadena de manera invertida. Asimismo, las ideas previas y p-primos que subyacieron a éstas son similares y/o iguales a lo largo de los seis grados escolares. Esto quiere decir que las razones detrás de las diferentes tipos de respuestas obtenidas en las tres cadenas alimenticias son aplicadas de manera parecida por los estudiantes de primero a sexto grado de primaria sin importar el nivel educativo, el tipo de escuela, la edad y el género. Tanto los datos encontrados en este estudio como los resultados reportados por diferentes autores muestran que algunas ideas previas y p-primos respecto a cadenas alimenticias son parecidas y no son fácilmente modificadas por la enseñanza escolar.

No obstante, la organización de p-primos e ideas previas en la red causal es diferente en los estudiantes más jóvenes y en los de niveles más avanzados. Por ejemplo, los escolares de primero a tercer grado formaron cadenas alimenticias con base en un solo criterio, mientras que los estudiantes de cuarto a sexto grado utilizaron dos criterios (Gallegos y cols., 1994). Esto muestra que los criterios lógicos para construir cadenas alimenticias son diferentes en los niños más jóvenes y aquellos de niveles educativos más avanzados. También en primer y segundo grado se presentaron diferentes tipos de respuestas en las tres cadenas alimenticias, mientras que en tercer grado en la cadena marina y la cadena terrestre 2 la mayoría tuvo respuestas invertidas y en la cadena terrestre 1 la respuesta incorrecta fue la misma en casi todos los estudiantes. El número de diseños incorrectos, dentro de las respuestas incorrectas de las tres cadenas alimenticias, fueron más numerosos en segundo que en primer y tercer grado. También a lo largo de los tres grados algunos diseños incorrectos se presentaron en los tres grados.

Por su parte, las ideas y razones detrás de los diferentes tipos de respuestas estaban organizadas de diferente manera en los escolares de primer grado. Cuando éstos formaban cadenas incorrectas por medio de eslabones independientes, interrelacionados y relaciones invertidas con eslabones aislados no representaban a las cadenas como la interacción de todos los organismos y no les importó establecer relaciones predador-presa incorrectas. Asimismo, las distintas ideas previas no fueron aplicadas en los tres tipos de cadenas alimenticias del instrumento. Por ejemplo, iniciaban la cadena marina con el tiburón y el león por ser grandes y salvajes, pero empezaron con la serpiente por considerarla “peligrosa” debido a su veneno. De esa manera, los estudiantes de primer grado dieron diferentes explicaciones de acuerdo a las características de los animales, más no del tipo de cadena alimenticia.

En cambio, los niños de segundo y tercer grado procuraron relacionar a todos los organismos de cada cadena y cuando no pudieron, como en la cadena terrestre 1, intentaron ordenar los organismos de diferentes maneras tratando de incluir a todos los animales y la planta. Así, esos niños buscaron activamente una solución para la cadena terrestre 1 generando diferentes explicaciones, algunas contradictorias, ante un fenómeno que se presenta en la naturaleza por lo cual no pudieron aplicar los mismos mecanismos causales que utilizaron en la cadena marina y terrestre 2. En los escolares de tercero algunos elementos primitivos como el tamaño, la ferocidad coexistieron con conocimientos avanzados como algunas características de un ave carroñera y su posible depredador. Por ejemplo, para algunos niños de primero grado el león se podía comer al buitre, pero para los niños de segundo y tercer grado el buitre sólo era depredador del animal muerto y nunca lo representaron como presa de algún organismo de esa cadena.

Todo lo anterior mostró que el conocimiento intuitivo de las características de los animales y al funcionamiento de una cadena alimenticia estuvo construido a través de primitivos fenomenológicos, fragmentos de conocimiento que fueron mejor organizados, enlazados, diferenciados, sofisticados y enriquecidos en los escolares de tercer grado que en los estudiantes de primero y segundo grado.

Limitaciones prácticas

En el presente estudio identificamos algunas limitaciones en el estudio que son importantes mencionar:

1. En la presente investigación, la aplicación del instrumento fue realizada por las maestras de cada grado escolar. A pesar de que las instrucciones fueron dadas de acuerdo a lo que marcó cada tarea, en primer grado en la tarea 1 (reconocer animales herbívoros y carnívoros) y en la

tarea 2 (relacionar predadores y presas), a fin de “facilitar” la comprensión de lo que se tenía que hacer, la maestra indicó a los estudiantes que utilizaran líneas de diferentes colores para su solución en lugar de escribir números como dictaban las instrucciones.

Así, en la primera tarea del instrumento los escolares unieron los diferentes animales con la planta o el pedazo de carne y, en la segunda tarea, unieron con líneas los predadores con las presas. En esta última tarea, muchos estudiantes unieron con líneas varias presas para un predador. Dichas relaciones predador-presas también se tomaron en cuenta en los resultados porque desde un punto de vista ecológico es correcto que un predador pueda alimentarse de varias presas. Sin embargo, esto mismo no se permitió hacer a los niños de segundo y tercer grado, quienes sólo a través de la entrevista manifestaron que un predador podía alimentarse de otras presas a parte de las que ellos habían escrito en el instrumento. En esos dos grados en las tres tareas del instrumento las maestras indicaron a los estudiantes que escribieran números como indicaban las instrucciones. Hubo algunos niños de segundo grado que eligieron dos presas para un mismo predador escribiendo dos veces el número correspondiente a éste último.

Aunque utilizar líneas es una forma distinta de recoger datos sin perder el objetivo de las dos tareas, sería importante buscar la manera de que la tarea 2 del instrumento dé la posibilidad de elegir varias presas para un predador a fin de obtener otras posibles relaciones predador-presa en todos los estudiantes.

Otra limitación fue, quizás, el tamaño y la claridad de los diferentes animales estímulo del instrumento. Aquí, tenemos dos explicaciones:

-la primera es que el tamaño de los dibujos de los animales estímulo no guió el orden de los organismos porque como mostraron las relaciones predador-presa de la tarea 2 del instrumento, pocos escolares relacionaron presas grandes para predadores pequeños (águila-venado, rana-ratón, pájaro ratón y pájaro-conejo), mientras que la mayoría de los estudiantes de los tres grados establecieron relaciones correctas. Asimismo, en la cadena marina pocos estudiantes dijeron que el pez mediano se comía al tiburón

-la segunda explicación es que el tamaño de los animales sí pudo haber guiado algunas respuestas de pocos niños. En la segunda tarea, se encontró que 3 escolares de segundo grado eligieron al ratón como presa para la rana. Una niña de tercer grado, quien en el instrumento eligió al grillo como presa para la rana, en la entrevista dijo que ésta también se podía comer a la rata y al gusano y que la rana prefería comerse primero a la rata “porque la llena más”. Otra niña de primer grado comentó que el pez mediano se podía comer al tiburón porque estaba más grande que éste último.

En efecto, en el instrumento el dibujo de la rana y del pez mediano son del mismo tamaño que el dibujo de la rata y el tiburón. Asimismo, el dibujo estímulo del águila y el pájaro de la tarea dos del instrumento pudo no ser suficientemente claro para algunos niños más jóvenes ya que en pocos estudiantes de primer y segundo grado se presentaron relaciones predador-presa poco comunes tales como: águila-gusano, águila-grillo, pájaro-ratón y pájaro-conejo. Es probable que de la falta de claridad de los dibujos estímulo del águila y el pájaro se deriven las relaciones predador-presa anteriores. Recuérdese además que algunos escolares dijeron que el águila era un “ave” o “pájaro” y el pájaro un “pollito” o “ruiseñor”.

2. Otra posible limitación fue la ausencia de la indicación de que el venado vivo y al venado muerto de la cadena terrestre 1 eran el mismo animal en estados diferentes. Ni en las instrucciones ni en las entrevistas se dio esa información. La forma en cómo se conciben a los dos venados es como se soluciona la cadena. Es importante entonces hacer explícita dicha información tanto en las instrucciones como en las entrevistas. En esta misma cadena las diferentes representaciones y falta de diferenciación de los niños de primero y segundo grado sobre el buitre, quizás se relacionen con el dibujo estímulo del buitre. Éste puede no ser suficientemente claro para los niños más jóvenes como para indicar que esa ave es un buitre y no un águila, cóndor, halcón, etc. Dado que el instrumento fue diseñado para niños entre nueve y doce años de edad, es posible que los niños de niveles inferiores necesiten un dibujo más claro del buitre dada su temprana representación de cómo es un buitre y qué hace.

3. Otra posible limitación del instrumento tiene que ver con la dirección y el orden de los dibujos estímulo. Por ejemplo, en la primera tarea cinco animales están viendo a la derecha, mientras que otros tres están viendo a la izquierda. Algo similar ocurre con todos los demás animales estímulo de la segunda y tercera tarea. En cuanto al orden de los animales estímulo, nótese en la segunda tarea que el águila (predadora) tiene el número uno y al frente está colocado el conejo. Eso podría insinuar que el águila se come al conejo. Asimismo, en la cadena marina el camarón está cerca de la planta, en la cadena terrestre 1 el venado vivo está lejos de la planta y cerca del león y en la cadena terrestre 2, el ratón está cerca de la planta, etc.

Es probable que las observaciones anteriores hayan influido o no en los resultados obtenidos. Sin embargo, no podremos saber con certeza hasta qué punto son o no influyentes o relevantes hasta constatar la validez del instrumento, pues ésta no es presentada en el trabajo de Gallegos y cols. (1994). Conocer la validez del instrumento podría ser una propuesta de investigación.

4. Otra limitación práctica tiene que ver con la entrevista realizada a la maestra de tercer grado, pues ésta sólo se limitó a conocer qué materiales utilizó y cómo enseñó el tema de cadenas alimenticias. Hubiera sido interesante saber por ejemplo, qué ideas previas tenían los estudiantes sobre el tema, cuántas veces tuvo que intervenir en las exposiciones que los escolares hicieron del tema para corregir algunos conceptos erróneos o dudas, que entiende la maestra sobre una cadena alimenticia, etc.

5. Por último, tenemos la limitación práctica relacionada con las cuatro tarjetas de dos animales carnívoros y dos animales herbívoros. Dichas tarjetas no fueron enseñadas a todos los niños entrevistados en cada grado escolar, sino sólo a aquellos que durante la entrevista caracterizaron a ciertos animales del instrumento como feroces, tranquilos, grandes, salvajes, etc. Estas tarjetas se utilizaron a fin de indagar si las características aplicadas a un animal del instrumento, eran también utilizadas a otras especies de animales. Por ejemplo, si los niños decían que “los animales carnívoros son grandes”, se enseñaban las cuatro tarjetas y se pedía al niño o niña que eligiese cuál de todos ellos creía que eran carnívoros o herbívoros y por qué. En caso de que el elefante y la jirafa fueran considerados como herbívoros se cuestionaba al estudiante sobre el elemento tamaño que había relacionado con los animales carnívoros y así se continuó con las otras tarjetas. Dado que no se mostró las tarjetas a todos los entrevistados las respuestas obtenidas con ellas sólo enriquecieron algunas ideas sobre la caracterización de algunas especies de animales. Hubiera sido interesante conocer la opinión de todos los estudiantes entrevistados y no sólo la de unos cuantos.

Alcances e implicaciones del estudio

Las ideas previas pueden servir de puentes u obstáculos para la asimilación de temas complejos y abstractos desde niveles educativos inferiores hasta niveles superiores como secundaria y preparatoria. La presente investigación dio a conocer resultados importantes que pueden ser útiles para los docentes de primero a tercer grado de primaria. Por ejemplo, saber que los niños de tercer grado, a pesar de la educación recibida, no ven a la planta como productora o primer eslabón de una cadena alimenticia y que por lo general forman cadenas alimenticias de una manera mecánica, sencilla e invertida, serviría para crear experiencias efectivas de enseñanza-aprendizaje que incluyan actividades donde se haga evidente que sin las plantas, ningún tipo de cadena o trama alimenticia podría mantener cualquier tipo de ecosistema en equilibrio. Asimismo, que los docentes conciben a las ideas previas de los niños como parte del sistema cognitivos de los niños, puede ayudar a concebirlas como puentes

sobre los que los niños están construyendo o asimilando conceptos científicos sofisticados y no tratar de eliminarlos o evitarlos. De manera similar, las características de las ideas previas y los p-prims identificados aquí a lo largo de los tres grados educativos, podrían contribuir a que el desarrollo curricular y el diseño instruccional siga una secuencia determinada a fin de dirigirlas hacia una comprensión científica de conceptos más abstractos y complejos como el ciclo de la materia y el flujo de energía en el contexto de cadenas alimenticias.

Finalmente, esperamos también haber contribuido al *corpus* de conocimiento de la enseñanza de las ciencias respecto a las ideas de niños de primaria acerca de cadenas alimenticias.

REFERENCIAS

- Bar, V. y Travis, A. S. (1991). Children's Views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (4), pp.363-382.
- Barahona, A., Catalá, R., Chamizo, J., Rico, B. y Talanquer, V. (2002c). *Libro del alumno. Ciencias Naturales, tercer grado*. México D. F.: Secretaria de Educación Pública.
- Barahona, A., Catalá, R., Chamizo, J., Rico, B. y Talanquer, V. (2002d). *Libro del alumno. Ciencias Naturales, cuarto grado*. México D. F.: Secretaria de Educación Pública.
- Barman, C. R., Griffiths, A. K. y Okebukola, P. A. (1995). High School Student's concepts regarding food chains and food webs: a multinational study. *International Journal of Science Education*, 17 (6), pp.775-782.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1990). *Ecology, Individuals, Population and Communities*. Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Boyer, P. (2002). *¿Por qué tenemos religión?. Origen y evolución del pensamiento religioso*. México D. F. : Taurus.
- Carey, S. y Spelke, E. Conocimiento dominio-específico y cambio conceptual. En Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002a). *Cartografía de la mente, Volumen I Orígenes, procesos y conceptos* (pp.243-284). Barcelona: Gedisa.
- Chapela, M. M. L. (2002a). *Libro del alumno. Libro integrado, primer grado*. México D. F.: Secretaria de Educación Pública.
- Chapela, M. M. L. (2002b). *Libro del alumno. Libro integrado, segundo grado*. México D. F.: Secretaria de Educación Pública.
- diSessa, A. A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. En Gentner, D. y Stevens, A. (Eds.), *Mental models* (pp.15-33). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. En Forman, G. y Pufall, P. B. (Eds.), *Constructivism in the Computer Age* (pp.49-70). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A.A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 y 3), pp.105-225.
- diSessa, A. A. Epistemology and Systems Design. En diSessa, A. A., Hoyles, C. y Noss, R. (Eds.) (1995). *Computer and Exploratory Learning* (pp.15-29). Berlín: Springer.
- diSessa, A. A., y Sherin, B. (1998). What changes in conceptual change?. *International Journal of Sciences Education*, 20 (10), pp.1155-1191.
- diSessa, A. A. (2000). *Changing Minds: computers, learning and literacy*. Cambridge, MA; MIT Press.

diSessa, A. A. (2002). Why "Conceptual Ecology" is a good idea. En Limón, M. y Mason, L. (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (pp.29-60). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Diccionario Ilustrado de la lengua española Aristos 3. Barcelona: Sopena S.A.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75 (6), pp.649-672.

Duit, R. y Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), pp.671-688.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's Ideas in Science*. Buckingham: Open University Press.

Flores, C. F. y Gallegos, L. (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia. *Perfiles Educativos*, 62, pp.25-30.

Flores, C. F. (1994). Epistemología y enseñanza de la ciencia. *Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias*. Centro de Instrumentos. Universidad Nacional Autónoma de México.

Flores, F. (coord.) (2004):<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/preconceptos.htm>

García, F. V. S. (1998). *Procesos psicológicos y museos de ciencias: interacción y construcción de conocimiento*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Psicología. Universidad Nacional Autónoma de México.

García, F. V. S. (2003). *Las Ciencias Sociales en la Divulgación*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gallegos, L., Jerezano, M. y Flores, F. (1994). Preconceptions and Relations Used by Children in the construction of Food Chains. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), pp.259-272.

Gelman, S., Coley, J. y Gottfried, G. Las creencias esencialistas en los niños: la adquisición de conceptos y teorías. En Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002b). *Cartografía de la mente, Volumen II* (pp.128-160). Barcelona: Gedisa.

Giordan, A.(1987). Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pp.105-110.

Gómez, P. A., Barrera, A., Gutiérrez, J. M., y Halffter, G. (1974). *Biología: Unidad, Diversidad y Continuidad de los seres Vivos*. México D. F.: Continental.

Gopnik, A. y Wellman, H. M. La teoría de la teoría. En Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002b). *Cartografía de la mente, Volumen II 'Teorías' infantiles, estudios interculturales y consecuencias educativas* (pp.13-62).Barcelona: Gedisa.

- Harris, L. P. Cómo piensan los niños y los científicos: falsas analogías y semejanzas olvidadas. En Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002b). *Cartografía de la mente, Volumen II 'Teorías' infantiles, estudios interculturales y consecuencias educativas* (pp.64-93). Barcelona: Gedisa.
- Hewitt, P. (1995). *Física conceptual*. México D. F.: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002a), *Cartografía de la mente, Volumen I Orígenes, procesos y conceptos*. Barcelona: Gedisa.
- Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002b), *Cartografía de la mente, Volumen II 'Teorías' infantiles, estudios interculturales y consecuencias educativas*. Barcelona: Gedisa.
- Hogan, K. y Fisherkeller, J. (1996). Representing Students' Thinking about Nutrient Cycling in Ecosystems: Bidimensional Coding of a Complex Topic. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (9), pp.941-970.
- Hogan, K. (2002). Small Groups' Ecological Reasoning While Making an Environment Management Decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (4), pp.341-368.
- Kimball, J.(1986). *Biología*. México D. F.: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Krnel, D., Glažar, S. y Watson, R. (2003). The development of the concept of "matter": A cross-age study of how children classify materials. *Science Education*, 87 (5), pp.621-639.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. y Blakeslee, T. D. (1993). Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (3), pp.249-270.
- Lewis, E. L. y Linn, M. C.(2003).Heat Energy Temperature Concepts of Adolescents, Adults, and Experts: Implications for Curricular Improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, Supplement, pp.S155-S175.
- Lin, C.-Y. y Hu, R. (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis, and respiration. *International Journal of Science Educatio*, 25 (12), pp.1529-1544.
- Llorens, M. J., Llopis, C. R. y De Jaime, L. M. (1987). El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la química en la enseñanza media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), pp.33-40.
- Llorens, M. J., De Jaime, L. M y Llopis, C. R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pp.111-119.
- Macías, J. I. y Maturano, C. I.(1999) Estudio de algunas variables que afectan la comprensión de textos de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp.431-440.
- Mader, S. S. (2000). *Inquiry into Life*. Boston: McGraw-Hill.
- Munson, B.H. (1994). Ecological *misconceptions*. *Journal of Environmental Education*, 25 (4), pp.30-35.

- Palmer, D. H. (1999). Exploring the Link between Students' Scientific and Nonscientific Conceptions. *Science Education*, 83 (6), pp.639-653.
- Pessoa de Carvalho, A.M. Cambio de base epistemológica en la enseñanza de las ciencias: actividades de experimentación. En Varios Autores (1998). *Piaget en la educación. Debate en torno de sus aportaciones* (pp.141-161). México D. F.: Paidós Educador.
- Pessoa de Carvalho, A.M. (2004). Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education*, 26 (2), pp.225-237.
- Pozo, J. I (2002). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Barcelona: Morata.
- Pinker, S. (2003). *La Tabla Rasa*. Barcelona: Paidós Transiciones.
- Reiner, M. y Eilam, B. (2001). Conceptual classroom environment-a system view of learning. *International Journal of Science Education*, 23 (6), pp.551-568.
- Resnick, L. B. El racionalismo situado: la preparación biológica y social para el aprendizaje. En Hirschfeld, L. A. y Gelman, S. A. (comp.) (2002b). *Cartografía de la mente, Volumen II 'Teorías' infantiles, estudios interculturales y consecuencias educativas* (pp.300-327). Barcelona: Gedisa.
- Sebastiá, J. M. (1989). El constructivismo: un marco teórico problemático. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pp.158-161.
- Siegel, S. (1995). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México D. F.: Trillas.
- Shepardson, D.P. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: children's understanding about insects. *International Journal of Science Education*, 24 (6), pp.627-643.
- Solomon, J. (1988). Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. *Investigación en la escuela*, 5, pp.17-19.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C.L. y Anzelmo, J. (2001). Understanding Students' Explanations of Biological Phenomena: Conceptual Frameworks or P-Prims?. *Science Education*, 85 (4), pp.328-348.
- Stavy, R. (1990). Pupil's problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Sciences Education*, 12 (5), pp.501-512.
- Smith, J.P., diSessa, A. A., y Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition, *The Journal of the Learning Sciences*, 3 (2), pp.115-163.
- Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. y Davis, H. (1997). Teaching for understanding: A study of students' preinstruction theories of matter and Comparison of the effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density. *Cognition and instruction*, 15 (3), pp.317-393.
- Thompson, T. L., y Mintzes, J.J. (2002). Cognitive structure and the affective domain: on knowing and feeling in biology. *International Journal of Science Education*, 24 (6), pp.645-660.

Valdés, C. P. y Valdés, C. R. (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp.521-531.

En Red:

What is an Invasive Species? : <http://www.invasivespeciesinfo.gov/whatis.shtml>

ANEXO 1

Instrumento para formar cadenas alimenticias elaborado por Gallegos y cols. (1994)

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: M ___ F ___

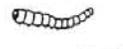
Escuela: _____ Privada: _____ Pública: _____ Salón: _____

En la línea escribe con 1 si el animal es herbívoro y con 2 si es carnívoro

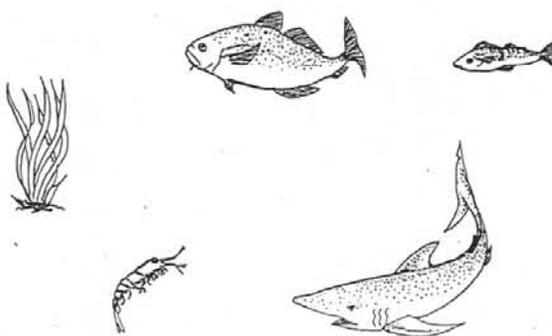
¿Quién se come a quién? En la línea escribe el número del animal que creas que se lo comerá.



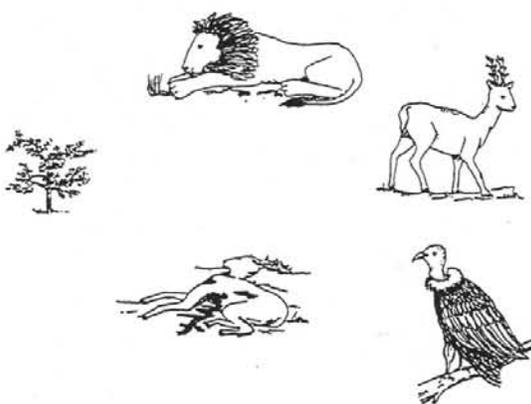
Ejemplo:



Con los siguientes organismos forma una **cadena alimenticia**. Escribe el número 1 en primer organismo, 2 en el segundo y continúa con la numeración hasta terminar con todos.



Con los siguientes organismos forma una **cadena alimenticia**. Escribe el número 1 en primer organismo, 2 en el segundo y continúa con la numeración hasta terminar con todos.



Con los siguientes organismos forma una **cadena alimenticia**. Escribe el número 1 en primer organismo, 2 en el segundo y continúa con la numeración hasta terminar con todos.



Anexo 2

Guía de entrevista

Materiales:

- Instrumento contestado por el/la niño/a
- Lápiz y goma
- Audiograbadora
- Hojas de notas para el entrevistador
- Tarjetas de animales: elefante, jirafa, orca, cocodrilo.

Inicio:

- Establecer rapport
- Obtener los datos completos del niño/a: nombre, edad, salón y nombre de su maestra.

Primera tarea : “Clasificación de animales carnívoros y herbívoros”

Objetivos

- a. Identificar un animal herbívoro y carnívoro
- b. Indagar las características que los participantes relacionan con un animal carnívoro y herbívoro

1. Cuéntame ¿qué animales ves aquí? ¿cómo se llaman?
2. Y ¿qué come cada uno?
3. Cuéntame, de esos animalitos que ves ahí ¿crees que alguno se pueda alimentar de algo más aparte de lo que me dijiste?
4. ¿Cómo cuál por ejemplo?
5. Oye ¿por qué __ (nombrar los animales que el niño haya dicho que comen carne) comen carne?
6. Oye ¿crees que es posible cambiarle el alimento a __ (nombrar los animales que el niño dijo que comían carne) en vez de darles carne solamente le damos hierbas?
7. ¿Por qué?
8. ¿Algún otro animalito? (se repite le secuencia desde el punto 5 eligiendo un animal herbívoro)
9. Y dime, si __ (nombrar un animal carnívoro) ya no come carne y sólo come hierba ¿seguirá siendo carnívoro o no?
10. ¿Por qué?

Segunda tarea : “Relación presa-predador”

Objetivo

- a. Conocer las explicaciones de los participantes al establecer relaciones presa-predador.

1. Puedes decirme qué animalitos ves aquí (señalar cada animal de la tarea).
2. ¿A quién se come __ (nombrar el predador)?
3. ¿Por qué __ (nombrar al predador) se come __ (nombrar la presa que mencione el niño)?
4. Y aparte del __ (nombrar la presa que el niño eligió) ¿crees que __ (nombrar al predador) se coma algún otro animal que ves aquí?

5. Y de ___ (nombrar las presas que el niño haya elegido para el predador) ¿cuál crees que prefiera comerse primero ___ (nombrar al predador)?

6. ¿Por qué al ___ (nombrar la presa que el niño elija) y no a ___ (nombrar las otras presas que haya elegido)?

Así, se continúa con cada predador de esta tarea.

Tercera tarea : “Construcción de cadenas alimenticias”

Objetivo

a. Conocer cómo los niños construyeron sus cadenas alimenticias

Cadena alimenticia acuática:

1. Cuéntame ¿qué animalitos ves en esta tarea? ¿cómo se llaman?

2. Cuéntame ¿cómo hiciste esta tarea?

3. ¿Por qué empezaste con ___ (nombrar al organismo con el que el niño empezó la cadena)?

4. ¿Por qué terminaste con ___ (nombrar al organismo con el que el niño terminó la cadena)?

Cadena alimenticia terrestre 1:

1. Cuéntame en esta tarea ¿qué animalitos ves? ¿cómo se llaman?

2. Explícame ¿cómo hiciste esta tarea?

3. ¿Por qué empezaste con el ___ (nombrar al organismo con el que el niño empezó la cadena)?

4. ¿Por qué terminaste con ___ (nombrar al organismo con el que el niño terminó la cadena)?

Cadena alimenticia terrestre 2:

1. Cuéntame en esta tarea ¿qué animalitos ves? ¿cómo se llaman?

2. Explícame ¿cómo hiciste esta tarea?

3. ¿Por qué empezaste con el ___ (nombrar al organismo con el que el niño empezó la cadena)?

4. ¿Por qué terminaste con ___ (nombrar al organismo con el que el niño terminó la cadena)?