

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN



**ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL ORDEN TRICÓPTERA EN
GRADO SEXTO: ANÁLISIS MEDIANTE UNA HIPÓTESIS DE
PROGRESIÓN**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN EDUCACIÓN

PRESENTADA POR

Jairo Alonso Forero Anaya

Bogotá 2017




UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

**ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL ORDEN TRICÓPTERA EN
GRADO SEXTO: ANÁLISIS MEDIANTE UNA HIPÓTESIS DE
PROGRESIÓN**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN EDUCACIÓN

Realizado por: Jairo Alonso Forero Anaya

Dirigido por: Dr. Robinson Roa Acosta

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>CONSEJO DE ESTUDIOS</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 118	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis para optar al grado de magister en educación.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Enseñanza aprendizaje del orden Tricóptera en grado sexto: análisis mediante una hipótesis de progresión
Autor(es)	Forero Anaya, Jairo Alonso
Director	Robinson Roa Acosta
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 118 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA, APRENDIZAJE, TRICÓPTERA, HIPÓTESIS DE PROGRESIÓN.

2. Descripción
<p>Esta investigación hizo seguimiento al aprendizaje de estudiantes de grado sexto a través de una hipótesis de progresión. Se desarrolló un itinerario didáctico en el que se abordaron temáticas del Orden Tricóptera con 12 estudiantes de grado sexto de un colegio público de Bogotá.</p> <p>Para tal objetivo se construyó un itinerario didáctico que cubrió un periodo de dos meses y medio de actividades escolares relacionadas con temáticas específicas de ciencias naturales (hábitat, adaptación morfológica, relaciones ecológicas, hábitos tróficos y acción antrópica) Los datos obtenidos fueron tratados a través de un enfoque cualitativo de forma descriptiva e interpretativa.</p>

3. Fuentes
<p>Adey, P. (1997). Dimensions of progression in a curriculum. <i>The Curriculum Journal</i>, 8(3), 367-391.</p> <p>Aguilera, Z. (2014). <i>Diagnóstico de la calidad ecológica del agua en un sector del río Curubital Cundinamarca (cuena media y baja) mediante la caracterización de macroinvertebrados acuáticos</i>. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Amat, G; Andrade, C y Fernández, F. (1999). <i>Insectos de Colombia</i>. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales.</p>

Ángel, G y De Longhi, A. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes en ecología. Cátedras de Didáctica General y Especial, Departamento de Enseñanza, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

Astolfi, J y Drouin, A. (1986). Milieu. *Aster*, 3, 73-110.

Astolfi, J. (1987). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, (6), 147-155.

Azcarate, P; Del Pozo, R; Toscano, J; Porlán, R; Rivero, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos. *Investigación en el aula*, 29.

Barker, S. y Slingsby, D. (1998). From nature table to niche: curriculum progression in ecological concepts. *International Journal of Science Education*, 20(4), 479-486.

Barman, C; Griffiths, A. y Okebuloka, P. (1995). High school students' concepts regarding food chains and food webs: a multinational study. *International Journal of Science Education*, 17(6), 775-782.

Barnett, J y Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know. *Science Education*, 85 (4), 426-453.

Bernal, L. (2007). *Elaboración de una guía ilustrada para la determinación de larvas y adultos del Orden Tricóptera en el sistema caño seco en el municipio de Restrepo-Meta*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Berstein, B. (1993). *La estructura del discurso pedagógico*. Madrid: Morata-Paideia.

Bertalanffy, L; y Almela, J. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.

Black, P y Simón, S. (1992). Progression in learning science. *Research in Science Education*, (22), 45-54.

Blanco, A; Brero, P y Prieto, T. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (1), 3-14.

Booth, P. (1979). The teaching of ecology in school. *Journal of biological education*, 13 (4), 261-266.

Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 19-29.

Bonada, N; Sainz, M y Zamora, C. (2015). Orden Tricóptera. *Ide*, (64), 1-21.

Burgos, A. (2002). *Tricóptera del altiplano de Bogotá y su relación con la calidad del agua*. Tesis de grado universidad Nacional de Colombia.

Caamaño, A. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de Ciencias experimentales. Un análisis de los proyectos extranjeros. *Alambique*, (1), 8-21.

Cañal, P. (1994). Los ámbitos de investigación como organizadores del conocimiento escolar en la propuesta curricular investigando nuestro mundo. *Investigación en la escuela* (23), 87-94.

Cañal, P y Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (2), 89-96.

Coll, C; Pozo, J; Sarabia, B; Vall, E. Coll, C; Pozo, J; Sarabia, B y Vall, (1992). *Los contenidos en la reforma*. Madrid: Santillana.

Coll, C y Solle, I. (1987). La importancia de los contenidos en la enseñanza. *Investigación en la escuela*, 3, 19-27.

Cummins, K Y Merrit, R. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall. Michigan.

De Longhi, A. (2005). Propuestas para un proceso de formación continua de docentes innovadores en educación en ciencias. En: De Longhi, A.L.; Ferreyra, A.; Paz, A.; Bermúdez, G.; Solís, M; Vaudagna, E. y Cortez, M. Estrategias de enseñanza de Ciencias Naturales en el nivel medio. (9-24). Córdoba. Universitas.

Del Carmen, L. (1988). *Investigación del medio y aprendizaje*. Barcelona: Graó.

Develay, M y Vogel, G. (1988). Populations. *Aster*, 3, 19-72.

Delgado. N y López, J. (2012). La enseñanza de conceptos estructurantes de la ecología en el aula ambiental parque ecológico distrital humedal santa María del lago. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Díaz, A. (2007). Estructuración del Orden de inmaduros de Tricóptera de la colección de insectos acuáticos en la universidad pedagógica nacional

Domínguez, E y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos suramericanos: sistemática y Biología. Tucumán. Argentina.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.

Driver, R; Squires, A; Rushworth, P y Woodrobinson, V. (1994). Making sense of secondary science. Research into children's ideas. Londres: Routledge.

Duarte, c y Hincapié, M. (2008). *Composición y distribución de la comunidad de Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera de la quebrada Guance del municipio de pacho, Cundinamarca*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Flint, O. (1998). Studies of Neotropical caddisflies: a taxonomic revisión of the subgenus Curgia of the genus Chimarra- Trichóptera: Philopotamidae. Smithsonian Institute. Washington.

Flórez, L y Pérez, J. (2013). *Aproximación a la determinación de la calidad ecológica en un sector del río junnin (junnin-cundinamarca) mediante la entomofauna acuática*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Giordan, A y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Diada

Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher. The teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College, Columbia University.

García, F, y Rivero, G. (1993). Dificultades y obstáculos en la construcción del conocimiento escolar en una hipótesis de progresión de lo simple a lo complejo. Reflexiones desde el ámbito del medio urbano. Departamento de didáctica de las ciencias. Facultad de ciencias de la educación. Sevilla.

García, J. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la escuela*, 23, 23-76.

García, J. (1995). Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología. El concepto de ecosistema en la educación secundaria. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

García, J. (1995a). La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar. *Investigación en la escuela*, (27), 7-20.

García, J. (1996). Las ideas de los alumnos. *Cuadernos de pedagogía*, (276), 58-64.

García, J. (1998). Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares. Sevilla. Diada.

Gasca, J; y Torres, D. (2005). Conservación de la biodiversidad en Colombia, una reflexión para una meta: conocer y educar para conservar. *Cuadernos de biodiversidad* (42), 31-37.

Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la escuela*, 23, 17-32.

Gil, P.; Gavidia, C; Sanmartí, P; Caamaño, R; Albadejo, M, C.; Jiménez, A; Barral, F y Otero G. (1993). Propuestas de secuencia. Ciencias de la naturaleza. Madrid. Editorial Escuela Española.

Gil, P; Carrascosa, J y Martínez, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista de Educación y Pedagogía*, 11 (25), 13– 65.

Gil, P; Carrascosa, J y Martínez, F. (2000). La didáctica de las ciencias. Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En: Perales, F; y Cañal, P. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil, 11-34.

Giordan, A y Souchon, C. (1991). *Uno education pour environment*. Nice: Z editions.

Griffiths, A y Grant, B. (1985). High school student understanding of food webs: identification of a learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of research in science teaching*, 25 (5), 421-436.

Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a «basic» particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

Host, V. (1976). Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire IV. Initiation biologique. Paris: INRP.

Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago. Universidad de Chicago.

Lisowski, M y Disinger, J. (1991). The effect of field-based instructions on student understanding of ecological concepts. *The journal of environmental education*, 23 (1), 19-23.

- Luque, A; Ortega, R y Cubero, R. (1994). Concepciones constructivistas y práctica escolar. // *seminario sobre constructivismo y educación*. Tenerife, diciembre.
- Martín, J y Porlán, R. (1994). El diario del profesor: un recurso para la investigación en el aula. *Investigación y enseñanza*, (6), 71.
- Martín, J y Porlán, R. (1994b). El saber práctico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la escuela*, (24), 49-58.
- Martín, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.
- Martínez, C y Reyes, J. (2014). Una Hipótesis de Progresión sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico. *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar*, 179-199.
- Medellín, F y Rincón, M. (2004). Tricóptera del santuario de Iguaque (Boyacá-Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista colombiana de entomología*, (30), 197-203.
- Mena, R. (2009). *Formas inmaduras del Orden Tricóptera en los pisos térmicos cálido, templado y frío en los departamentos de Cundinamarca y Tolima*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.
- Millar, R; Gott, R; Lubben, F y Duggan, S. (1993). Children's performance of investigative tasks in science: a framework for considering progression. Documento presentado en Annual Meeting of the British Educational Research Association. Universidad de Liverpool, 10-13 de septiembre.
- Moreno, M. (2007). *Estudio de la distribución espacio-temporal de la entomofauna acuática (inmaduros) de las quebradas Lindosa, Chanchiras y Cachera del parque nacional natural Los Guacharos (Huila- Colombia)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual change or a conceptual profile change? *Science and Education*, 4, 267-285.
- Morin, E. (1980). *La methodé. II: La vie de la vie. París: Editions du Seuil*. (Trad. Cast. El método II La vida de la vida. Madrid. Cátedra, 1987).
- Morin, E. (1991). *La methodé. IV: Les idées. Leur habitat, leur vie, leur moeurs, leur organisation*. París: Editions du Seuil. (Trad. Cast. El método IV: las ideas. Su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización. Madrid. Catedra, 1992)
- Odum, E. (1971). *Ecología*. México: Interamericana.
- Pérez, S y Romero, I. (2005). *Efemeróptera, Plecóptera y Tricóptera del Parque Natural Cueva de los Guácharos- Huila (Quebrada Cristales, Chánchiras y la Cascajosa)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Porlán, R. (1987). El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la escuela*, (1), 63-69.

Porlán, R y López, J. (1993). Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. *Curriculum*, 6-7.

Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla. Diada

Porlán, R; Azcarat, P; Martín Del Pozo, R; Martín, J; Rivero, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores. *Investigación en la escuela* (29), 23-38.

Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, (16), 175-185.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

Porlán, R Y Martín, J. (1994). El saber practico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la escuela*, 24, 49-58.

Porlán, R; Martín Del Pozo, R; Rivero, A; Harres, J; Azcarate, P; Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las ciencias*, 28, 31-46.

Porlán, R; Martín Del Pozo, R; Rivero, A; Harres, J; Azcarate, P; Pizzato, M. (2011). El cambio del profesorado de ciencias II: itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las ciencias*, 29, 353-370.

Posada, J. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Tricóptera en el nor-occidente de Colombia. *Caldacia* (25), 169-192.

Pozo, J. (1994). *El cambio conceptual en el conocimiento físico y social: del desarrollo a la instrucción*. Contexto y desarrollo social. Madrid.

Prieto, T; Watson, R. y Dillon, J. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.

Rahayu, S y Tytler, R. (1999). Progression in Primary school childrens' conceptions of burning: toward an understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29 (3), 295-312.

Rangel, O. (2005). La biodiversidad en Colombia. Facultad de ciencias humanas de la universidad nacional de Colombia, (5), 292-304.

Rincón, M. (2002). Tricóptera del santuario de Iguaque, (Boyacá-Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista colombiana de entomología* (30), 197-203.

Rodríguez, E y Urquijo, I. (2012). *Relaciones tróficas de los géneros más representativos de la entomofauna acuática de la quebrada quente (chipaque-cundinamarca)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad pedagógica nacional.

Robles, J. (2012). *Insectos como estrategia didáctica en la enseñanza de la ecología a través del comic*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad pedagógica nacional.

Roldán, G. (1998). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la protección del medio ambiente. Universidad de Antioquia.

Sánchez, J. (1990). The construction of biology lessons: a meta-paradigmatic approach. *The American Biology Teacher*, 53 (7), 410-416.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: F. Perales y L. Cañal. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Ciencias de la Educación. España: Editorial Marfil.

Scott, H. (1992). Pathways in learning science: a case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter, en Duit, R., Goldberg, F. y Neidderer, H. (eds.). *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies*, Proceedings of an international workshop. Germany: IPN, University of Kiel.

Serrano, L; Sprinker, M y Zepeda, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Salvador*. Monografía. Universidad del Salvador.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Traducción de Pablo Manzano. Madrid: Narcea.

Toulmin, S. (1972). *El conocimiento humano*. Mexico: Alianza.

Toulmin, S. (1973). *Human understanding*, Vol. I: The collective use and evolution of concepts.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467

Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

Varela, F. (1990). *Conocer. Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas*. Barcelona: Gedisa.

Watson, R. y Leach, J. (1996). Dissolving ideas. *Education in Chemistry*, 33(4), 101-102.

Watson, R; Prieto, T y Dillon, J. (1997). Consistency in pupils' explanations about combustion. *Science Education* 81(4), 425-443.

Wiggins, G. (1981). Considerations of the relevance of immature stages to the systematic of Trichoptera. *Tercer simposio de Trichoptera*, (20), 395-407.

4. Contenidos

El objetivo principal de esta investigación fue:

- Analizar la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera en estudiantes de grado sexto mediante una hipótesis de progresión.

A partir de este objetivo general de la investigación, se esbozaron los siguientes objetivos específicos:

- Construir una hipótesis de progresión sobre el Orden Tricóptera para hacer seguimiento

al aprendizaje de estudiantes de grado sexto.

- Proponer actividades escolares para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera.

Los referentes teóricos que se tuvieron en cuenta a partir de la revisión bibliográfica fueron:

1. Conocimiento profesional del profesor de ciencias aplicado a la construcción de hipótesis de progresión como herramienta de seguimiento al aprendizaje de los estudiantes.
2. Perspectivas de investigación en el aula a partir del conocimiento práctico profesional. Dentro de estas se encuentran la perspectiva de la complejidad, la teoría crítica y el socioconstructivismo.
3. Trichoptera que sirvió como un insumo para la enseñanza de temáticas escolares de ciencias con estudiantes de grado sexto.

5. Metodología

En esta investigación participaron 12 estudiantes de grado sexto (entre los 12 y 13 años) de un colegio público de Bogotá, y un profesor de biología que dirigió la enseñanza durante dos meses y medio en las que se abordaron los temas relacionados con algunos aspectos de la Biología de especímenes del Orden Tricóptera.

La investigación se organizó en tres fases:

Primera fase: se realizaron las correspondientes consultas bibliográficas. Se tuvieron en cuenta tres referentes teóricos (Conocimiento profesional del profesor de ciencias, perspectivas de investigación en la escuela y diversidad biológica en Colombia).

Segunda fase: consistió en la construcción de las respectivas hipótesis de progresión (Cañal y Porlán, 1987; García y Rivero, 1993; García, 1994; Martín, 1994; Ángel y De Longhi, 2006; Brero y Prieto, 2002; Valbuena, 2007 y Martínez y Reyes, 2014) para cada una de las temáticas sobre el Orden Tricóptera, yendo de lo simple a lo complejo:

Nivel 1: Las ideas de los estudiantes acerca de los Tricópteros se muestran lineales y sin causalidad. No se establecen relaciones entre los elementos constitutivos del ambiente de estas poblaciones. Predomina una visión inmediata, poco relacional y carente de complejidad.

Nivel 2: Tras la instrucción, los estudiantes comienzan a mostrar ideas en las que se establecen relaciones sencillas entre las poblaciones de Tricópteros y los componentes constitutivos de su ambiente. La aparición de lo poco evidente es parte de este nivel de desarrollo además de la utilización de palabras o términos más estructurados.

Nivel 3: Se establecen relaciones claras de causalidad entre las poblaciones de Tricópteros y cada uno de los elementos constitutivos de su ambiente. Las relaciones son multicausales y en forma de redes de relación que muestran un grado propio de avance para el conocimiento escolar deseable en los estudiantes.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron:

- Diario de campo del profesor.
- Producciones escritas de los estudiantes acerca del impacto del hombre sobre los ecosistemas acuáticos y en específico con los Tricópteros y las relaciones biológicas, ecológicas y sociales que afectan la dinámica de sus hábitats.
- Guías de trabajo que desarrollaron los estudiantes.

Tercera fase: consistió en el análisis de los datos obtenidos (Correa, Cubero y García, 1994; García, 1994 y 1995; Porlán, 1987, 1993 y 1998), se realizó una descripción cualitativa y cuantitativa con el fin de estimar el aprendizaje de los estudiantes.

6. Conclusiones

- La construcción de la hipótesis de progresión permitió evaluar el aprendizaje de las temáticas propuestas de los estudiantes desde un pensamiento simple hacia uno complejo. Por lo tanto, esta herramienta se consolidó en un insumo importante a la hora de hacer seguimiento a la manera en que los estudiantes comprendieron y relacionaron las temáticas entre sí. Además, la HDP permitió tomar elementos propios de la práctica del profesor que facilitaron proponer, ejecutar y evaluar seguimientos alternativos de enseñanza-aprendizaje de acuerdo al conocimiento deseable esperado en los estudiantes.
- La concordancia que hubo entre la secuenciación de los contenidos y las actividades desarrolladas para hacer seguimiento al aprendizaje de los estudiantes fue pertinente para esta investigación. Desde este punto de vista, la implementación de conceptos básicos relacionados con los tricópteros fue de gran importancia para que los estudiantes dejaran la forma lineal y poco causal de pensar para tomar posturas más críticas, relacionales y sistémicas.
- La mayor resistencia encontrada a la hora de hacer seguimiento al aprendizaje de los estudiantes se relacionó principalmente con la tendencia a volver a las ideas lineales y no relacionales acerca de los temas abordados. Sin embargo, tras la instrucción y el desarrollo de las actividades propuestas, los estudiantes progresaron en la medida que tomaron sus ideas previas y las confrontaron con las nuevas, con el fin de enriquecer su conocimiento acerca de los tricópteros.
- A lo largo de la investigación fue evidente la dificultad por parte de los estudiantes de reconocer elementos propios del microcosmos tales como los hongos, las bacterias, las algas y poblaciones de insectos. En contraste, los elementos cercanos e inmediatos a su realidad (mesocosmos) tales como el hábitat, el agua, las rocas y otras poblaciones de plantas y animales, fueron permanentemente utilizadas en la construcción de aprendizaje que los estudiantes realizaron desde las temáticas de biología escolar propuestas. Las relaciones posibles entre el microcosmos y el mesocosmos fueron el mayor obstáculo que tuvieron los estudiantes sobre todo por la dificultad para establecer cuáles eran los elementos vinculantes entre ellos.
- La acción humana, que es un elemento del meso y macrocosmos, fue considerada como un elemento aislado de las dinámicas ecológicas de los tricópteros con su ambiente. En la gran mayoría de actividades realizadas ésta no fue tomada en cuenta como un factor influyente en los ecosistemas acuáticos. Esto correspondió con una visión antropocéntrica de la naturaleza, en la que la acción humana es asumida como única dentro de todas las especies del planeta sin afectar a otros seres vivos. Fue necesaria la instrucción en este tema hacia el final del itinerario, para que los estudiantes comprendieran la influencia de las actividades humanas sobre los tricópteros.

Elaborado por:	Jairo Alonso Forero Anaya		
Revisado por:	Robinson Roa Acosta		
Fecha de elaboración del Resumen:	16	6	2017

Tabla de contenido

	Página
Introducción.	16
1. Planteamiento del problema de investigación.	17
2. Objetivos.	18
3. Justificación.	19
4. Antecedentes de la investigación.	21
4.1. Acercamiento a las primeras investigaciones sobre enseñanza-aprendizaje de la Biología.	21
4.2. Seguimiento del cambio conceptual en Ciencias Naturales a través de hipótesis de progresión.	25
4.3. El profesor de ciencias en el desarrollo de hipótesis de progresión.	28
4.4. Investigaciones no didácticas y pedagógicas relacionadas con el Orden Tricóptera.	30
5. Referentes teóricos.	34
5.1. Conocimiento profesional del profesor de ciencias.	34
5.1.1. Aportes del proyecto curricular IRES.	34
5.1.2. Integración sistémica y complejidad de saberes del profesor.	34
5.1.3. El conocimiento profesional deseable.	36
5.1.4. Las hipótesis de progresión como herramientas para el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes.	38
5.1.5. El conocimiento práctico profesional (CPP).	42
5.2. Perspectivas de investigación en la escuela.	44
5.2.1. La perspectiva crítica.	44
5.2.2. La perspectiva de la complejidad.	45
5.2.3. La perspectiva socioconstructivista.	46
5.3. Diversidad biológica en Colombia.	47
5.3.1. El conocimiento de la biodiversidad en Colombia.	47
5.3.2. Insectos de Colombia.	48
5.3.3. Tricóptera.	49
5.3.4. Clasificación taxonómica de los tricópteros.	52
5.3.5. Tricópteros y didáctica.	54
6. Orientación de la metodología.	55
6.1. Hipótesis de progresión para el Orden Tricóptera.	57
6.2. Actividades escolares realizadas para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera.	61
7. Análisis de resultados.	65

7.1.	Las actividades desarrolladas en tanto la hipótesis de progresión.	65
7.2.	La hipótesis de progresión como instrumento de seguimiento del aprendizaje de los estudiantes.	81
7.3.	Análisis a nivel grupal.	84
8.	Conclusiones.	89
9.	Bibliografía.	90
10.	Anexos.	97
10.1.	Actividad 1: Introducción a la biodiversidad colombiana.	97
10.2.	Actividad 2: Ecosistemas acuáticos colombianos.	99
10.3.	Actividad 3: Introducción a los tricópteros.	102
10.4.	Actividad 4: Observación de tricópteros: practica de laboratorio.	105
10.5.	Actividad 5: Producción escrita.	107
10.6.	Actividad 6: Relaciones ecológicas.	108
10.7.	Actividad 7: Redes tróficas: juegos de simulación.	112
10.8.	Actividad 8: El hombre y su impacto en los ecosistemas.	116
10.9.	Actividad 9: Retroalimentación de las temáticas.	118

Lista de tablas

		Página
Tabla 1.	Síntesis de antecedentes sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.	23
Tabla 2.	Investigaciones desarrolladas sobre hipótesis de progresión.	27
Tabla 3.	Investigaciones sobre el conocimiento práctico del profesor de ciencias en la construcción de hipótesis de progresión.	29
Tabla 4.	Recopilación sobre investigaciones del Orden Tricóptera.	31
Tabla 5.	Agrupación por décadas de bibliografía consultada para los antecedentes.	32
Tabla 6.	Estrategias de intervención en el aula (Porlán, 1987).	38
Tabla 7.	Hipótesis de progresión para la enseñanza del Orden Tricóptera.	58
Tabla 8.	Actividades escolares realizadas para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera.	64
Tabla 9.	Seguimiento a cada estudiante en cuanto a los tres niveles de la hipótesis de progresión para cada temática	66
Tabla 10.	Frecuencias por estudiante para cada uno de los temas según la hipótesis de progresión.	82
Tabla 11.	Porcentaje general de frecuencias de los temas en la hipótesis de progresión para cada estudiante.	84
Tabla 12.	Porcentaje general y por estudiante para cada uno de los niveles de la hipótesis de progresión.	88

Lista de figuras

	Página
Figura 1. Las ideas previas de los estudiantes.	41
Figura 2. Fases de la investigación.	56

Lista de imágenes

	Página
Imagen 1. Refugios construidos por los tricópteros	50
Imagen 2. Familias representativas del Orden Tricóptera para ecosistemas de la región andina colombiana	52
Imagen 3. Juego de simulación estudiante 2	76
Imagen 4. Juego de simulación estudiante 3	76
Imagen 5. Juego de simulación estudiante 5	77
Imagen 6. Juego de simulación estudiante 11	77
Imagen 7. Juego de simulación estudiante 6	78
Imagen 8. Juego de simulación estudiante 8	78
Imagen 9. Juego de simulación estudiante 12	79

Lista de abreviaturas

Sigla	Significado
CDC	Conocimiento didáctico del contenido.
PPP	Problemas prácticos profesionales.
CPP	Conocimiento práctico profesional.
INP	Investigando nuestra práctica.
MDP	Modelo didáctico personal.
PCK	Pedagogical Content Knowledge.
BSCS	Biological Sciences Curriculum Studies.
SCIS	Science Curriculum Improvement Study.
SCIIS	Science Curriculum Improvement information Study.
INRP	Institut National de Recherche Pédagogique.
IRES	Investigación y renovación escolar
Epc	Enseñanza para la comprensión.
CDCB	Conocimiento didáctico del contenido biológico
PCL	Piedra corriente lenta
PCR	Piedra corriente rápida
HDP	Hipótesis de progresión
Sp	Especie

Introducción

Esta investigación hizo seguimiento al aprendizaje de estudiantes de grado sexto a través de una hipótesis de progresión. Para este fin se desarrolló un itinerario didáctico en el que se abordaron temáticas de las Ciencias Naturales y se relacionaron con algunos aspectos de la Biología del Orden Tricóptera.

Este material biológico (tricópteros), fue un insumo práctico e innovador con el que se pudo conocer esta diversidad biológica, que está supeditada al conocimiento de los especialistas en el tema. De igual manera se tuvo en cuenta para esto un grupo conformado por 12 estudiantes de grado sexto de un colegio público de Bogotá con edades entre los 12 y 14 años de edad.

Los datos obtenidos fueron tratados a través de un enfoque cualitativo-cuantitativo de forma descriptiva e interpretativa.

El marco de referencia investigado para este trabajo tuvo como base cuatro aspectos fundamentales que fueron encontrados en la gran mayoría de documentos consultados.

- **Conocimiento profesional del profesor de ciencias en la construcción, ejecución y evaluación de medios alternativos de enseñanza-aprendizaje.** Resulta imprescindible que el profesor en el aula además de viabilizar las didácticas, sea también un investigador permanentemente. Es importante que en este proceso didáctico también se desarrolle el docente como un profesional en acción, además de ser copartícipe en el crecimiento de sus estudiantes en las temáticas abordadas en el aula.
- **Un material biológico de estudio.** En este caso individuos representativos del Orden Tricóptera que son diversos y abundantes en los ecosistemas acuáticos de la región andina colombiana
- **Hipótesis de progresión con temáticas escolares en Ciencias Naturales.** Esta herramienta es de gran utilidad en el abordaje de conceptos estructurantes de la enseñanza-aprendizaje de la Biología, Química y Física. Estos permiten que los estudiantes se acerquen al objeto de estudio desde sus ideas para enriquecer el conocimiento acerca de temáticas en ciencias, realizando contrastes con el saber formal. La organización de estas temáticas tiene en cuenta una perspectiva compleja.
- **Las perspectivas de investigación en la escuela.** Referente que desde su origen en los años ochenta se ha tenido en cuenta en investigaciones relacionadas con el cambio conceptual de estudiantes y profesores. además las implicaciones de estas perspectivas (complejidad, teoría crítica y el socioconstructivismo) no son solo de orden epistemológico-histórico sino también pedagógico y didáctico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los tricópteros son insectos que en su estado larvario dan cuenta de condiciones muy específicas del ambiente. No solo son bioindicadores de la salud de los ecosistemas lóticos, sino que además son parte fundamental en el movimiento de nutrientes a lo largo de las redes tróficas. En Colombia, hay un conocimiento amplio acerca de la importancia de este Orden debido a estudios realizados con la anatomía, ecología, cultivos en cautiverio y la determinación de la salud de ecosistemas propios de la región andina a través de la presencia de poblaciones de estos macroinvertebrados. Sin embargo, este conocimiento se ha quedado en conceptos complejos propios de la investigación y el lenguaje de la entomología.

Por lo anterior, el valor de la diversidad biológica en un país como Colombia está determinado por el acceso y el conocimiento que tengamos de ella. Muchas de las especies, que hacen parte del inventario biológico de nuestro país pasan desapercibidas porque no se da a conocer acerca de la importancia que representan para los ecosistemas. Además, gran parte del conocimiento acerca de estas poblaciones está limitado a artículos y revistas especializadas en el tema.

Además, es importante que el conocimiento de las especies colombianas pueda ser llevado también a la escuela a través de procesos de enseñanza-aprendizaje con el fin de que los estudiantes valoren esta diversidad. Además de la elaboración de herramientas de seguimiento que permitan evaluar el progreso de los estudiantes desde una perspectiva simple hacia una compleja. Por lo tanto, la secuenciación y evaluación de las temáticas de enseñanza juegan un papel importante a la hora de organizar itinerarios didácticos acerca de determinado contenido de ciencias naturales.

Con esta perspectiva el problema que se planteó para esta investigación fue:

¿Cómo enseñar y hacer seguimiento al aprendizaje del Orden Tricóptera a estudiantes de grado sexto a través de hipótesis de progresión?

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación fue:

Analizar la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera en estudiantes de grado sexto mediante una hipótesis de progresión.

A partir de este objetivo general de la investigación, se esbozaron los siguientes objetivos específicos:

- Construir una hipótesis de progresión sobre el Orden Tricóptera para hacer seguimiento al aprendizaje de estudiantes de grado sexto.
- Proponer actividades escolares para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera.

3. JUSTIFICACIÓN

El desempeño profesional del profesor está relacionado con las actividades prácticas propias del trabajo en el aula. En este sentido, la investigación de la práctica profesional aporta elementos importantes de análisis para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. Durante este proceso los estudiantes también son parte activa en la construcción de un conocimiento escolar deseable (Porlán, 1998 y García, 1994).

A pesar de la gran responsabilidad que implica un proceso de seguimiento a partir de itinerarios didácticos, estos procesos de enseñanza-aprendizaje pueden resultar significativos para los estudiantes. Por esta razón, llevar temáticas de las ciencias naturales a la escuela implica que el profesor realice actividades que permitan que los estudiantes sean parte activa de su proceso de formación.

Algunas de las temáticas vistas en la escuela relacionadas con las Ciencias Naturales parecen aisladas de otros contenidos escolares. En consecuencia, estas no dan cuenta de la importancia que implica aprender

Por lo anterior, los estudiantes tienden a ver la naturaleza como un conjunto de partes homogéneas o como elementos que no tienen ninguna relación causal entre sí. Tendencias similares se encontraron en la enseñanza de la Biología escolar, en los proyectos que Estados Unidos de América desarrolló con el fin de promover en la escuela un pensamiento científico en los años sesenta.

En el marco de los procesos de enseñanza-aprendizaje, es necesario que el conocimiento formal sea llevado a la escuela de acuerdo al contexto de los estudiantes. Con este panorama es importante reflexionar acerca del papel del profesor como recontextualizador del conocimiento proveniente de la disciplina que enseña.

Con esta perspectiva, esta tesis, presenta una estrategia de seguimiento al aprendizaje de temáticas propias de las Ciencias Naturales para estudiantes de grado sexto. La herramienta escogida fueron macroinvertebrados de Orden Tricóptera con el fin de abordar temáticas de Biología escolar. La importancia de este trabajo radica en los siguientes aspectos:

- El desempeño profesional de profesor de ciencias en actividades de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes. No solo se habla en términos didácticos del conocimiento escolar deseable en los estudiantes sino también del desempeño profesional deseable por parte del profesor. Por lo tanto, la capacidad del profesor para innovar es determinante en el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes.
- El rescate de la biodiversidad colombiana que se encuentra en el lenguaje de las disciplinas duras, para traerlo a la escuela a través de un proceso de enseñanza-aprendizaje. Por esto, se buscó dar a conocer especies que son clave en la

dinámica de los ecosistemas acuáticos para relacionarlas con conceptos de la Biología escolar. Además, no es solo una forma de valorar la diversidad biológica en Colombia sino también de enseñarla en la escuela.

- La construcción de una herramienta de seguimiento al aprendizaje de los estudiantes como lo es una hipótesis de progresión. No solo por ser un trabajo que no se ha investigado propiamente en estudiantes de secundaria sino porque se constituye en un insumo potente para darle significancia al trabajo del profesor en la escuela.

Los trabajos que se han realizado con respecto a las hipótesis de progresión en Colombia han estado enfocados principalmente a profesores en formación. Por esta razón, esta investigación se puede consolidar como un punto de partida importante para realizar un trabajo innovador en el aula a través de un seguimiento que va desde lo simple a lo complejo.

4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se abordarán las principales investigaciones realizadas en torno a los primeros acercamientos a la enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales, el conocimiento del profesor de ciencias en el desarrollo de estrategias para el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes a través de hipótesis de progresión y las investigaciones no didácticas y pedagógicas relacionadas con el Orden Tricóptera.

Inicialmente se tuvieron en cuenta las investigaciones realizadas en las décadas de los años sesenta y setenta en los Estados Unidos de América. Seguidamente las investigaciones que tuvieron lugar con los grupos de investigación *Aster* en Francia y el grupo *IRES* de España en los años ochenta y principios de la primera década de este siglo. Para esta tesis se tuvieron en cuenta principalmente las investigaciones del grupo IRES ya que son las que cuentan con publicaciones más recientes en los años 2010 y 2011. Finalmente se relacionan las investigaciones que se han realizado en Argentina y Colombia como un referente en el tema para América Latina.

4.1. Acercamiento a las primeras investigaciones sobre enseñanza aprendizaje de la Biología

Los antecedentes de este tipo de trabajos datan de las investigaciones realizadas en los estados unidos de América con el objetivo de fortalecer las **nociones de Biología en estudiantes de secundaria**. Las temáticas aplicadas en el aula datan de las décadas de los años sesenta y setenta del siglo pasado. Además, el objetivo principal fue el de dar a conocer conceptos estructurantes de la Biología y cómo enseñarlos en la escuela, por lo que se abordaron temas como ecosistema, red trófica, relaciones ecológicas, adaptación y nicho ecológico.

En este marco se desarrollaron los proyectos Nuffield, el BBCS (Biological Sciences Curriculum Studies) y el SCIS (Science Curriculum Improvement Study) que buscaron fortalecer los currículos en el área de Ciencias Naturales especialmente en la ecología escolar (Gil, Carrascosa y Martínez, 1999) y Gil (2000).

Particularmente el proyecto BSCS del año de 1959 realizó trabajos con los estudiantes a partir del fomento de la curiosidad científica y aprendizajes de los procedimientos propios de los científicos en el laboratorio. Sin embargo, este proyecto tenía un enfoque tradicional-constructivista, con la participación única del profesor como trasmisor de información y evaluador del trabajo de los estudiantes desde sus errores conceptuales (García, 1994). Además, estos proyectos se caracterizaron por lo exageradamente reduccionistas debido a que trataba de explicar cada uno de los niveles ecológicos (individuo, población, comunidad y ecosistema) desde las características del nivel inmediatamente anterior sin hacer referencia a factores relacionales y emergentes propios de cada uno.

Sin embargo, García (1994), criticó este tipo de modelo de enseñanza debido a que no se tuvieron en cuenta las ideas de los estudiantes como parte de la construcción significativa de conocimiento, el excesivo reduccionismo experimentalista, la poca fundamentación a la hora de organizar las temáticas y la poca evidencia de cambio conceptual como parte de la vivencia del estudiante con el conocimiento.

Porlán (1998) afirma que gran parte de los aportes valiosos de los trabajos con posibles progresiones de aprendizaje en esta época fueron importantes porque:

- Se identificaron nuevas metas en la enseñanza de las ciencias enfocados a la complejidad en **conceptos ecológicos**.
- Se construyó un marco conceptual nuevo acerca de la **enseñanza de las ciencias** que sirvió como insumo para futuras líneas de investigación.
- Se pusieron a prueba currículos experimentales alternativos.
- Se evaluó la efectividad de las nuevas alternativas de enseñanza y seguimiento del progreso de los estudiantes con relación a la **ecología**
- Se evaluaron nuevas metodologías para estimar los aprendizajes de los estudiantes.
- Se diseñaron nuevos modelos de formación del profesorado para la enseñanza de las ciencias como parte de su conocimiento profesional.

En este mismo orden de ideas, en la década de los años ochenta del siglo pasado, el proyecto SCIS tuvo una reformatión que lo convirtió en la línea de investigación SCIIS (Science Curriculum Improvement Information Study) la cual realizó investigaciones de este tipo hasta mediados de los años noventa.

Por lo anterior, aunque se mantienen los planteamientos de la década de los sesenta y setenta como la enseñanza innovadora, el estudiante como científico y la observación de ecosistemas construidos en el laboratorio, se implementaron las ideas de la alfabetización científica con la incorporación de conceptos, procedimientos y actitudes en la construcción de los currículos de Ciencias Naturales y educación ambiental (Alexander,1982; Peterfalvi et al, 1986; Calver y Porter,1986; Aston,1978 y 1988; Hoces 1990; Webb y Boltt, 1990; Okebukola,1990; Giordan y Souchon, 1991; Sánchez 1991; Coletta, 1992;Leach et al, 1992; Giordan et al, 1993 y Fernández,1993 citados en García, 1994)

En general estas publicaciones tienen en común la implementación de contenidos específicos de ecología y educación ambiental para estudiantes de secundaria. Por esta razón, los autores coinciden en afirmar que los estudiantes, aún tienen una visión lineal, poco causal y relacional de los contenidos a pesar de la instrucción realizada en el aula. Sin embargo, es evidente que con la construcción de unos objetivos claros de trabajo en el aula, estos obstáculos se superan progresivamente. En la tabla 1 se pueden evidenciar los contenidos estructurantes relacionados con

ecología que se tuvieron en cuenta en estos proyectos (ver la columna de contenidos).¹

Contenidos	Autores	Características de la investigación
Respuesta de los organismos a los factores del medio Factor Limitante	Dowdeswel (1967) (proyecto Nuffield) ¹ Perrot (1967) (proyecto BSCS) ¹	Estos proyectos propusieron como eje principal la investigación en ecología que relacionara la educación ambiental con los conocimientos enseñados en el aula.
Hábitat	Dowdeswel (1967) (proyecto Nuffield) ¹ Hoces (1990) Leach et al. (1992)	La realización de este trabajo permitió entre muchas conclusiones, establecer que predomina una visión antropocéntrica de la naturaleza y los recursos como disposiciones inagotables para el hombre (visión providencialista).
Interacción Ecológica Diversidad de interacciones	Dowdeswel (1967) (proyecto Nuffield) ¹ Perrot (1967) (proyecto BSCS) ¹ Blot et al. (1979) ¹ Hoces (1990)	Se trabajaron las relaciones de los seres vivos como interacciones de tipo ecológico que afectan la dinámica y tendencia al equilibrio en un ecosistema
Estructura y Dinámica de la población	Dowdeswel (1967) (proyecto Nuffield) ¹ Perrot (1967) (proyecto BSCS) ¹ Sánchez (1991)	Se entendía la naturaleza por parte de los estudiantes como la ley del <i>todo o nada</i> donde, en la ausencia de interacción entre las poblaciones, lo único que se podía producir es la extinción o desaparición de las especies.
Ecosistema	Perrot (1967) (proyecto BSCS) ¹ Mann (1967) ¹ Giordan y Souchon (1991 a) Giordan et al. (1993) Fernández (1993)	Comenzó con una visión aditiva del medio en la que no hay relación ni interacción entre las partes hasta llegar a una perspectiva en la que cada uno de los elementos interactúa entre sí.
Organización Trófica del ecosistema (cadenas, redes, niveles y ciclo trófico)	Alexander (1982) Peterfalvi et al. (1986) Calver y Porter(1986) Aston (1978 y 1988) Webb y Bolt (1990) Okebukola (1990) Coletta (1992) Leach et al. (1992) Fernández (1993)	El principal obstáculo epistemológico que la gran mayoría de estos autores encontraron fue la falta de noción de interacción entre los seres vivos encontrada en los estudiantes. No se establecieron relaciones inmediatas entre los seres vivos ni reciprocidades entre los componentes bióticos y abióticos.
Nicho Ecológico	Hoces (1990)	El lugar de los seres vivos en la naturaleza es entendido desde una perspectiva aditiva e inmediatista. No se asume a las especies como componentes interconectados ecológicamente sino como entidades sueltas o difusas.
Sucesión ecológica	Dowdeswel (1967) (proyecto Nuffield) ¹ Coletta (1992)	En general permanece una visión estática de la naturaleza donde ni los aspectos físicos ni los biológicos cambian con el tiempo.

Tabla 1: Síntesis de antecedentes sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

¹ Estas publicaciones corresponden a las de las investigaciones de García (1994) y las demás hacen parte de la revisión bibliográfica para esta tesis.

Los trabajos realizados en Francia, en el grupo de investigación *Aster* (Astolfi y Drouin, 1986; Astolfi 1987; Develay y Vogel, 1988) también fueron de gran importancia en la implementación de contenidos específicos de Ciencias Naturales. Este grupo de investigación se dividió en dos líneas de trabajo que fueron las del institut National de Recherche Pédagogique (INRP) y Children's Learning In Science Research Group del Centre for Studies In Science And Mathematics Education de la universidad de Leeds. Algunos de los aportes de estas líneas de investigación fueron:

- Se presentan contenidos en **Ciencias Naturales** con numerosas tramas conceptuales. Por esta razón, se analizan los contenidos desde una perspectiva epistemológica e histórica con el fin de comprender cómo los estudiantes manifiestan ideas acerca estos conceptos.
- Se propusieron conceptos estructurantes de ecología que van desde un nivel mínimo de complejidad a uno mayor buscando un carácter relacional y causal de los mismos.
- El trabajo del aula se implementó teniendo en cuenta unos objetivos y obstáculos específicos para cada contenido. No solo se tiene en cuenta la perspectiva de lo que debería enseñarse en ecología sino la forma en que los estudiantes lo aprenden.

Además, el proyecto de la universidad de Leeds realizó un análisis del campo conceptual de la ecología, en el que tuvo en cuenta una amplia revisión bibliográfica acerca de la organización de los itinerarios con base en las ideas de los alumnos. Desde este punto de vista, los itinerarios son las actividades que se realizan acerca determinado tema en un lapso específico de tiempo con el fin de evaluar el aprendizaje de los estudiantes.

De igual manera, las publicaciones realizadas en España por el grupo IRES, son consideradas pioneras en la implementación de contenidos de Ciencias Naturales y educación ambiental a través de hipótesis de progresión (Cañal y Porlán, 1987; Porlán, 1993; Martin y Porlán, 1994; García, 1994; García, 1995a; García, 1995b; García, 1996; Martin Del Pozo, 1996; Porlán, 1998 y Porlán y Rivero, 1998).

El énfasis de los trabajos con contenidos de Ciencias Naturales de este grupo de investigación es:

- El planteamiento de un conocimiento progresivo a partir de hipótesis de trabajo en el aula. Se tienen en cuenta la importancia de un itinerario didáctico que sirva como insumo de aprendizaje para el estudiante y como herramienta de seguimiento por parte del profesor. Además, del cambio conceptual de una visión reducida y simple del mundo, hacia una sistemática e interactiva, que fortalecen el aprendizaje del estudiante.

Los itinerarios didácticos, desde la perspectiva del grupo IRES, son las actividades que el profesor plantea para abordar determinada temática, en un periodo específico de tiempo. Por esta razón, se deben plantear hipótesis de progresión, en las que el profesor evalúa el progreso de los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por esta razón, la práctica profesional del profesor tiene un fuerte componente de investigación en el aula. Desde esta perspectiva:

- Se tienen en cuenta durante todo el proceso las ideas de los estudiantes. Se destaca la importancia del error conceptual del estudiante como parte de la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales. Desde este punto de vista, el estudiante se convierte también en un investigador ya que desarrolla formas propias de interpretar lo que se le enseña.
- El constructivismo flexible como un modelo de aprendizaje que fomenta la curiosidad en los estudiantes, además de motivarlos hacia el conocimiento de las disciplinas enseñadas en la escuela

4.2. Seguimiento del cambio conceptual en Ciencias Naturales a través de hipótesis de progresión

Los trabajos realizados en España (Cañal y Porlán, 1987; Porlán, 1987, 1993 y 1998; García y Rivero, 1993; García, 1994; Martín, 1994) además de algunos en Argentina como los de Bermúdez y De Lonhgi (2006), ya que son considerados pioneros en la implementación de hipótesis de progresión en el aula con profesores en formación y estudiantes de secundaria. Para el caso de Colombia, se encuentran algunos trabajos de investigación desarrollados por Valbuena (2007) y Martínez y Reyes (2014) tabla 2.

Los trabajos de García (1994) y Bermúdez y De Lonhgi (2006) se desarrollaron directamente en el aula con estudiantes de secundaria. El primer autor elaboró una hipótesis de progresión aplicada a estudiantes de secundaria acerca del concepto de ecosistema. El primer autor observó el trabajo realizado por una profesora de secundaria en el cual se elaboró e implementó un itinerario didáctico con actividades en las que se abordaron los conceptos básicos a enseñar desde la ecología escolar tales como nicho, interacciones ecológicas, redes tróficas y componentes del ecosistema. Dentro de las actividades realizadas se tuvo en cuenta:

- El abordaje las ideas de los estudiantes acerca de la importancia de la ecología como una disciplina que contribuye en la solución de los problemas socio-ambientales. Para esto se hicieron clases con preguntas clave y se llevó un diario de campo correspondiente a cada sesión.
- La preparación y ejecución de una salida de campo donde los estudiantes recogieron muestras de material biológico con el fin de construir en el laboratorio un modelo a escala de un ecosistema de charca. Este fue utilizado por la profesora como un material didáctico para desarrollar las clases con temáticas

tales como redes alimentarias, relación de los seres vivos con los componentes bióticos y abióticos y la caracterización de las especies típicas de estos ecosistemas. La participación de los estudiantes en clase fue grabada de tal manera que se pudiera hacer un registro del progreso en la hipótesis de progresión planteada por García (1994).

- Se realizaron talleres como preámbulo de una salida de campo a un lugar llamado el *Pinar*. En este sitio los estudiantes hicieron un registro detallado de las principales características físicas de la zona y tomaron algunas muestras para analizar en el laboratorio. La información obtenida en esta salida de campo se contrastó con los referentes teóricos que los estudiantes habían visto en clase anteriormente.
- El análisis de los datos obtenidos por García (1994) se hizo de forma cuantitativa y cualitativa y con un enfoque descriptivo-interpretativo.

Por su parte, Bermúdez y De Lonhgi (2006) realizaron un trabajo para estudiantes de secundaria en el que se tuvo en cuenta el concepto de diversidad biológica y la forma en que esta puede ser perturbada de forma natural o antrópica. El eje fundamental de esta investigación planteó una hipótesis de progresión para estudiantes teniendo en cuenta cada una de las etapas características de la enseñanza para la comprensión (Epc). Con esta perspectiva detallaron cuatro niveles de progresión (Ingenuo, principiante, aprendiz y maestro), en los que encontraron los siguientes resultados:

1. **Primer nivel:** En la comprensión *ingenua* los estudiantes construían conocimiento de forma intuitiva y con dificultad para relacionar lo que aprenden en la escuela con su vida cotidiana.
2. **Segundo nivel:** En los desempeños de comprensión de *principiante* los estudiantes utilizaron conceptos o ideas de la ecología y establecieron conexiones simples, a menudo por el ensayo-error.
3. **Tercer nivel:** En el nivel de *aprendiz* los estudiantes se basaron en conocimientos y modos de pensar más formales, demostrando un uso flexible de conceptos o ideas de la ecología.
4. **Cuarto nivel:** En los desempeños de comprensión de *maestría* los estudiantes fueron predominantemente integradores, creativos y críticos, permitiendo la reinterpretación y su actuación en el mundo. Bermúdez y De Lonhgi (2006) acuden a los autores clásicos de la teoría de la complejidad como referente teórico para comprender como cambian las ideas de los estudiantes desde lo simple hacia lo complejo.

De igual manera, cabe resaltar los trabajos implementados en los años noventa, como parte de la renovación curricular en los Estados Unidos de América, las cuales también implementaron contenidos de Ciencias Naturales con hipótesis de progresión

Gran parte de estas publicaciones están en el marco del *International Journal of Science Education* de finales de la década de los ochenta y gran parte de los noventa. Dentro de las investigaciones consultadas (tabla 2) están las de Griffiths, A y Grant 1985; Prieto, Watson y Dillon, 1992; Barman, Griffiths y Okebuloka 1995; Baker, 1998; y Barker y Slingsby, 1998; los cuales buscaban básicamente involucrar a los estudiantes con trabajos de aula para el conocimiento de conceptos básicos de la química y la Biología (combustión, átomo, redes tróficas y ecosistema).

La tabla 2 resume los aspectos sobresalientes de las publicaciones consultadas con sus respectivos comentarios y aportes significativos para esta tesis. En general, las publicaciones coinciden en la construcción de hipótesis de progresión como una estrategia de intervención en el aula, la construcción de itinerarios didácticos con unos objetivos específicos y el profesor como un investigador permanente en el aula.

Tema	Autor	Comentarios y aportes de la investigación
Hipótesis de progresión con contenidos específicos en Ciencias Naturales	Cañal y Porlán (1987), García y Rivero (1993), García (1994), Martin (1994)	Estos trabajos se realizaron en el marco del proyecto IRES (investigación y renovación en la escuela). Plantean principalmente la importancia del desarrollo de hipótesis de progresión como una herramienta para el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes. De igual manera se propone la construcción de itinerarios didácticos como un instrumento que permite el aprendizaje progresivo de los estudiantes.
Hipótesis de progresión con contenidos específicos en Ciencias Naturales	Blanco, Brero y Prieto (2002), Griffiths, A y Grant, B (1985), Prieto, Watson y Dillon (1992), Barman, Griffiths y Okebuloka (1995), Baker (1998), Barker y Slingsby (1998)	Estas investigaciones fueron pioneras, a excepción de la de Blanco, Brero y Prieto, en la aplicación de hipótesis de progresión con conceptos biológicos y químicos específicos. Los diversos temas que hicieron parte de estas investigaciones tales como la combustión, el átomo y conceptos estructurantes de la ecología se publicaron en el <i>International Journal of Science Education</i> .
Hipótesis de progresión con contenidos específicos en Ciencias Naturales	Ángel y De Longhi (2006)	En esta investigación realizada en Argentina se estableció una hipótesis de progresión para estudiantes de secundaria en la que se tuvieron en cuenta los conceptos ecológicos de diversidad y perturbación. Tuvieron en cuenta los niveles propios de la enseñanza para la comprensión (Epc) para la construcción de las hipótesis relacionadas con estos temas.
Hipótesis de progresión con contenidos específicos en Ciencias Naturales con profesores de Biología en formación	Valbuena (2007)	En esta investigación se construyó una hipótesis de progresión en profesores en formación del departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Se partió del referente del conocimiento profesional del profesor en general (CDC) hasta llegar al conocimiento específico del campo de la Biología (CDCB). La hipótesis de progresión planteada tuvo en cuenta una fase inicial acerca de algunas concepciones de los estudiantes acerca del conocimiento biológico y su enseñanza; y finalizó con una segunda fase donde

		se indago nuevamente acerca de estos aspectos tras pasar por el seminario de pedagogía y didáctica 1.
Hipótesis de progresión con contenidos específicos de física con profesores de en formación	Martínez y Reyes (2014)	Trabajo realizado en la universidad Distrital. Se fundamentó en la construcción de una hipótesis de progresión realizada con profesores en formación en la que se determinó el grado de desarrollo de procesos de pensamiento y su enseñanza didáctica acerca del tema <i>campo eléctrico</i> .

Tabla 2: Investigaciones desarrolladas sobre hipótesis de progresión

4.3. El profesor de ciencias en el desarrollo de hipótesis de progresión

Para esta tesis fue de gran importancia desarrollar una consulta bibliográfica en la que se pudiera determinar la importancia del conocimiento práctico profesional (CPP) del profesor de ciencias en el trabajo con hipótesis de progresión.

Este tipo de trabajos se desarrollaron desde investigaciones propias del aula de clase, pero también cuentan con referentes teóricos y epistemológicos sobresalientes. Para la gran mayoría de autores que investigaron el tema en cuestión, el trabajo relacionado con la construcción de itinerarios didácticos en un periodo definido de tiempo, no solo busca un conocimiento escolar deseable en los estudiantes sino, además, que el profesor como investigador en el aula también construya un conocimiento profesional deseable en el que vincula su manejo didáctico del contenido y lo involucra en el aprendizaje de sus estudiantes.

La gran mayoría de trabajos del grupo IRES (investigación y renovación escolar) de España (Cañal y Porlán, 1987; Porlán, 1998; Porlán, 1993; Martín y Porlán, 1994; Porlán y Rivero, 1998) muestran al profesor como un investigador permanente de las dinámicas propias del aula de clase (ver tabla 3).

En tal sentido, los principales aportes de estos trabajos se basan la competencia profesional del profesor al resolver situaciones que no necesariamente están inscritas en el contexto del trabajo con el estudiante, pero que sin duda alguna aportan a su desempeño. Se resaltan el promover el trabajo cooperativo, formar al estudiante no solo en conceptos sino también en procedimientos y actitudes y fomentar en el aula de clase un ambiente que enriquezca el aprendizaje de los estudiantes.

En esta perspectiva, y teniendo como fundamentación la teoría de la complejidad (Astolfi, 1987; Morín, 1980 y 1991), el constructivismo flexible se convierte en una estrategia adecuada para permitirle a los estudiantes pasar de una visión simple del mundo a una más compleja y funcional.

Otros trabajos que se realizaron en Francia (Astolfi y Drouin, 1986; Astolfi, 1987; Develay y Vogel, 1988); y los desarrollados en la década los ochenta y noventa en Estados Unidos (Griffiths y Grant, 1985; Prieto, Watson y Dillon, 1992; Barman, Griffiths y Okebuloka, 1995; Baker, 1998; y Barker y Slingsby, 1998); en los que se

tuvo en cuenta el conocimiento del profesor como un factor influyente en la dinámica de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Cabe aclarar que los países referenciados no solo son pioneros en este aspecto, sino que además son los que poseen una mayor cantidad de publicaciones al respecto. Sin embargo, los trabajos españoles son el referente más importante a nivel mundial en la construcción de itinerarios didácticos, hipótesis de progresión y el conocimiento práctico profesional del profesor como un elemento fundamental de su desempeño en el aula.

País de origen	Autores	Comentarios y aportes de la investigación
<p>Conocimiento profesional del profesor de ciencias en el desarrollo de hipótesis de progresión en la escuela (Trabajos españoles)</p>	<p>Cañal y Porlán (1987), Porlán (1993), Martin Y Porlán (1994), Porlán (1998), Porlán y Rivero (1998)</p>	<p>Se propone como parte del cambio curricular en la escuela un modelo educativo que se basa en tres aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor como investigador en el aula. 2. El estudiante como parte activa en el proceso del cambio conceptual. Se propone la realización de itinerarios didácticos que tengan en cuenta los intereses y expectativas de los estudiantes con el fin de crear en el aula un ambiente propicio para el aprendizaje. 3. El constructivismo flexible como parte de la construcción de saberes significativos en los estudiantes. Esta postura permite una evaluación permanente de los procesos de enseñanza aprendizaje en el aula.
<p>Trabajos franceses (seguimiento al aprendizaje de los estudiantes)</p>	<p>Astolfi y Drouin, (1986), Astolfi (1987), Develay y Vogel (1988)</p>	<p>El conocimiento del profesor es un factor determinante en la forma en que los estudiantes pueden pasar de una visión lineal y poco causal a una sistémica, causal y compleja. Estos estudios abordan al desempeño profesional del profesor como una permanente práctica en el aula de clase y un seguimiento a la forma en que los estudiantes aprenden. Se incorpora al trabajo del profesor también en la evaluación de modelos para el aprendizaje de procedimiento y actitudes propios de las Ciencias Naturales.</p>
<p>Trabajos Norteamericanos (el estudiante como parte del procesos de aprendizaje)</p>	<p>Griffiths, A y Grant, B (1985), Prieto, Watson y Dillon (1992), Barman, Griffiths y Okebuloka (1995), Baker (1998) y Barker y Slingsby (1998)</p>	<p>Estos trabajos poseen unas lógicas similares a los de los grupos de investigación anteriores. El profesor incorpora dentro de los itinerarios didácticos, las temáticas propias del currículo escolar. Gran parte de la renovación curricular en Estados Unidos de los años noventa, se basó en los trabajos de este grupo de investigación, ya que involucraron las ideas del estudiante como parte de su proceso de aprendizaje.</p>

Tabla 3: Investigaciones sobre del conocimiento práctico del profesor de ciencias en la construcción de hipótesis de progresión.

4.4. Investigaciones no didácticas y pedagógicas relacionadas con el Orden Tricóptera

La información consultada fue organizada desde los trabajos realizados a nivel internacional, los hechos en Colombia y los que particularmente se elaboraron en universidades de Colombia. Las investigaciones revisadas para esta tesis acerca de este tema tienen algunas características en común, mencionadas a continuación (ver tabla 4):

1. La determinación de la diversidad y abundancia de estas poblaciones en ecosistemas acuáticos a partir del análisis de índices. Se estableció una clara correlación entre la presencia de estas poblaciones y la dinámica ecológica de estos ecosistemas, además de una influencia determinante en el flujo de materiales y energía en las redes alimentarias. La información obtenida en estas investigaciones fue consignada en tablas que contaban con apreciaciones relacionadas con los índices utilizados y sus aportes a la diversidad biológica de cada región (Wiggins, 1981; Cummis y Merrit, 1996; Flint, 1998; Roldán, 1998; Rincón, 2002; Posada, 2003; Díaz, 2007 y Mena, 2009).
2. La Construcción de claves taxonómicas e ilustraciones relacionadas con las características morfológicas de este Orden. Los estudios anatómicos se consolidaron como un material para determinar la diferencia entre familias específicas de tricópteros. Además de ser un insumo importante para el descubrimiento de nuevas especies para Colombia (Rincón, 2002; Burgos, 2002; Medellín y Rincón, 2004).
3. La determinación de la calidad del agua a partir de la presencia de poblaciones específicas de tricópteros. Para esto se tuvieron en cuenta géneros y especies específicas del Orden que responden a condiciones muy específicas del ambiente y que son fácilmente afectados por perturbaciones como la contaminación, el cambio del pH o el aumento de las precipitaciones durante los regímenes pluviométricos. Los artículos consultados presentan además las características fisicoquímicas de los ecosistemas de muestreo y su variación en temporadas de lluvias altas y bajas. El énfasis tenido en cuenta en las tesis de grado consultadas es específicamente con poblaciones de tricópteros de la región andina colombiana (Pérez y Romero, 2005; Bernal, 2007; Moreno, 2007; Duarte e Hincapié, 2008; Delgado y López, 2012; Robles, 2012; Rodríguez y Urquijo, 2012; Flórez y Pérez, 2013 y Aguilera, 2014).
4. Análisis de contenidos intestinales con el fin de establecer dietas alimentarias y su relación con el movimiento de materiales en el ecosistema. Con la información obtenida se construyeron diagramas de flujo de energía que contaban con las demás poblaciones de macroinvertebrados acuáticos como parte de la dinámica global del ecosistema. Estos trabajos cuentan con protocolos para el análisis de contenidos intestinales desde los individuos que son netamente filtradores, hasta los depredadores y detritívoros. Según la información obtenida en la bibliografía,

este tipo de trabajos se comenzó a desarrollar en Colombia en el año 2006, mientras que a nivel internacional datan de 1998.

No se encontraron trabajos en los que se hayan utilizado los tricópteros o algún otro tipo de organismo para el desarrollo de itinerarios didácticos con estudiantes. Aún no hay registros que aporten información acerca de la implementación de algún contenido escolar en el que se utilizó este tipo de material biológico. Los acercamientos didácticos están más relacionados con la construcción de unidades didácticas para el conocimiento de la biodiversidad colombiana de especies representativas del país. La tabla 4 muestra los principales trabajos consultados con sus respectivos aportes para esta investigación.

Tema	Autor	Comentarios y aportes de la investigación
Tricóptera	<p style="text-align: center;">Trabajos internacionales</p> <p style="text-align: center;">Wiggins (1981) Cummis y Merrit (1996) Flint (1998) Díaz (2007)</p>	<p>Estos trabajos se han realizado teniendo en cuenta características netamente disciplinares. Los tres aspectos básicos que caracterizan el diseño de estas investigaciones son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de inventarios taxonómicos y sistemáticos de la biodiversidad y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos de ecosistemas loticos (ríos). 2. La determinación de la calidad de los ecosistemas de muestreo con relación a la presencia de poblaciones específicas como Plecóptera, Efemeróptera y Tricóptera. 3. El trabajo de Díaz (2007) es el inventario más completo de macroinvertebrados acuáticos y tricópteros hecho en argentina. Cuenta con una investigación profunda y detallada de todos los géneros de Tricóptera encontrados en Argentina, Chile, Uruguay y Paraguay. No se encontró en las investigaciones realizadas en ecosistemas acuáticos europeos, de Norte América y algunos países de sur América algún tipo de trabajo relacionado con didáctica en el que se tenga en cuenta este material biológico como parte de una hipótesis de progresión o como medio de enseñanza en el aula.
Tricóptera	<p style="text-align: center;">Trabajos nacionales</p> <p style="text-align: center;">Roldán (1998) Rincón (2002) Posada (2003) Mena (2009)</p>	<p>Estas investigaciones se realizaron con el fin de determinar la biodiversidad de macroinvertebrados en diferentes ecosistemas acuático colombianos. Se construyeron claves taxonómicas ilustradas propias para nuestro país donde se ilustraron los especímenes encontrados. Además, se determinaron las condiciones de calidad del agua a partir de la presencia de Órdenes específicos entre los cuales se encontraba Tricóptera. Uno de los aportes importantes realizados por Rincón (2002) fue el acercamiento al análisis de contenidos intestinales en géneros representativos de los ecosistemas acuáticos de la región Andina Colombiana con el fin de construir diagramas de flujos de energía para cada lugar de muestreo.</p>

Tricóptera	Trabajos de tesis Burgos (2002) Medellín y Rincón (2004) Pérez y Romero (2005) Bernal (2007) Moreno (2007) Duarte e Hincapié (2008) Delgado y López (2012) Robles (2012) Rodríguez y Urquijo (2012) Flórez y Pérez (2013) Aguilera (2014)	Estas investigaciones presentan algunos aspectos en común relacionados a continuación: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de los géneros más representativos de macroinvertebrados en ecosistemas acuáticos colombianos. • Evaluación de las características fisicoquímicas de los lugares muestreados y su relación con la aparición de terminadas poblaciones de tricópteros. Los registros se consignaron en tablas de biodiversidad teniendo en cuenta los regímenes pluviométricos según la temporada del año en la que se realizó la colecta. • Se establecieron los hábitos tróficos de los géneros más representativos de los lugares de muestreo a partir del análisis de contenidos intestinales con el fin de construir diagramas de flujo de energía de estos ecosistemas.
-------------------	---	---

Tabla 4: Recopilación sobre investigaciones del Orden Tricóptera.

La tabla 5 muestra un resumen de todos los referentes bibliográficos que se tuvieron en cuenta para esta tesis, los cuales están organizados por décadas. Los cuadros que aparecen vacíos no tienen investigaciones reportadas para esta década.

Tema Década	Acercamiento a las primeras investigaciones sobre enseñanza-aprendizaje de la Biología	Seguimiento del cambio conceptual en Ciencias Naturales a través de hipótesis de progresión	Conocimiento profesional del profesor en el desarrollo de hipótesis de progresión	Tricóptera
60's	Dowdeswel (1967), Mann (1967), Perrot (1967)			
70's	Blot et al. (1979)			
80's	Alexander (1982) Peterfalvi et al. (1986) Calver y Porter(1986) Aston (1978 y 1988)	Griffiths, A y Grant, (1985), Cañal y Porlán (1987)	Astolfi y Drouin, (1986), Griffiths, A y Grant (1985), Astolfi (1987), Develay y Vogel (1988)	Wiggins (1981)
90's	Hoces (1990), Okebukola (1990), Webb y Bolt (1990), Giordan y Souchon (1991a), Sánchez (1991), Coletta (1992) Leach et al. (1992), Giordan (1993)	Prieto, Watson y Dillon (1992), García y Rivero (1993), García (1994), Martin (1994), Barman, Griffiths y Okebuloka (1995), Baker (1998), Barker y Slingsby (1998)	Prieto, Watson y Dillon (1992), García y Rivero (1993) García (1994) Martin (1994) Barman, Griffiths y Okebuloka (1995), Baker (1998), Barker y Slingsby (1998)	Cummis y Merrit (1996), Roldán (1998), Flint (1998)

00's		Blanco, Brero y Prieto (2002), Ángel y De Longhi (2006), Valbuena (2007)		Burgos (2002), Rincón (2002), Medellín y Rincón (2004), Posada (2003), Pérez y Romero (2005), Bernal (2007), Díaz (2007), Moreno (2007), Duarte e Hincapié (2008), Mena (2009)
01's		Martínez y Reyes (2014)	Porlán (2010 y 2011)	Delgado y López (2012), Robles (2012), Rodríguez y Urquijo (2012), Flórez y Pérez (2013), Aguilera (2014)

Tabla 5: Agrupación por décadas de bibliografía consultada para los antecedentes.

5. REFERENTES TEÓRICOS

Con el fin de tener un marco de referencia idóneo que pueda dar cuenta de la investigación realizada, se tuvieron en cuenta cuatro aspectos teóricos fundamentales (conocimiento profesional del profesor de ciencias, el profesor en el desarrollo de hipótesis de progresión, perspectivas de investigación en la escuela y las investigaciones realizadas con respecto al Orden Tricóptera). El planteamiento de los referentes teóricos obedece a que en la gran mayoría de autores consultados son utilizados de forma permanente.

5.1. Conocimiento profesional del profesor de ciencias

En este capítulo se abordarán los principales referentes relacionados con el desempeño profesional del profesor de ciencias específicamente en el seguimiento del cambio conceptual de los estudiantes utilizando como herramienta las hipótesis de progresión. Por esta razón, se hará énfasis en los aspectos que hacen parte del desarrollo profesional del profesor desde la perspectiva del grupo IRES, que se ha consolidado desde la década de los ochenta como un precursor de la construcción de hipótesis de progresión como herramienta para evaluar procesos de enseñanza-aprendizaje en estudiantes y profesores en formación.

5.1.1. Aportes del proyecto curricular IRES

Los trabajos de este grupo de investigación que nació en la década de los años ochenta bajo la dirección de Rafael Porlán Ariza y Pedro Cañal, serán considerados en mayor profundidad en esta investigación, debido a que aportan los insumos necesarios para los objetivos que se desean cumplir en el mismo. Nos referimos a 24 años de investigación y una gran cantidad de publicaciones acerca del desempeño profesional del profesor, al ser copartícipe de su propia práctica. Dentro de estas publicaciones vale la pena mencionar las de Cañal y Porlán (1987); Porlán (1993); García y Rivero (1993); García (1994); Martín y Porlán (1994); Martín (1994); García (1995); García (1995a); García (1996); Martín Del Pozo (1996); García (1998); Porlán (1998); Porlán y Rivero (1998) y Porlán (2010 y 2011).

5.1.2. Integración sistémica y complejidad de saberes del profesor

La estructura epistemológica de las disciplinas científicas ha venido cambiando fuertemente desde que se incorporó dentro de las discusiones sobre la naturaleza del conocimiento, a la didáctica y pedagogía. No obstante, la didáctica es una disciplina que es considerada emergente dentro del amplio campo de la educación (Porlán, 1998). Las discusiones de tipo epistemológica, psicológicas y didácticas, han pasado por considerables procesos de reelaboración, que han consolidado a la educación dentro de las redes del conocimiento histórico de la humanidad. En

palabras de Porlán (1998), el profesor y su desarrollo como profesional no pueden estar desligado de la historia de la educación como campo de conocimiento.

Con esta idea se gesta el proyecto IRES (investigación y renovación escolar). Según el cual, el profesor entra dentro de los procesos de enseñanza aprendizaje como un factor activo en su propia práctica. Además, investiga su quehacer, autocrítica, reevalúa y modifica su didáctica propia. Modelo al que Porlán (2010), ha denominado MDP o modelo didáctico personal.

Además, la construcción de hipótesis de progresión como método de seguimiento al aprendizaje de los estudiantes, fue en primera medida utilizada por el grupo IRES. Pero con el paso de pocos años se extendió a países como Francia y Estados Unidos (Astolfi, 1986).

Cañal (1990) realiza algunos planteamientos acerca de las alternativas que eventualmente podrían mejorar la enseñanza de las ciencias. Dentro de estas se involucra el *CDC* del profesor como la fuente del éxito de las estrategias de seguimiento de los estudiantes. El primer lugar se debe desarrollar estrategias que le permitan a los profesores conocer la naturaleza de las ideas de los estudiantes. Para esto no solo es necesario el conocimiento del contexto propio del estudiantado. Además, se debe tener en cuenta a lo largo de todo el proceso las concepciones de los estudiantes acerca de las temáticas abordadas (García, 1994,1995).

En segundo lugar, Cañal (1990) propone que dentro de todo proceso de enseñanza-aprendizaje se deben tener en cuenta las concepciones que el profesor tiene acerca de las ciencias, sus propósitos y metas. No obstante, una gran cantidad de publicaciones han estado inclinadas a conocer el pensamiento del profesor no solo como profesional sino también como sujeto de conocimiento. Y una tercera propuesta es identificar y familiarizar a los estudiantes con la naturaleza del trabajo científico. No pretendiendo en ninguna manera la formación de científicos, sino buscando acercamientos a la naturaleza del conocimiento que resuelve problemas de la vida cotidiana (García, 1995).

Otras propuestas curriculares y didácticas acerca de la enseñanza y aprendizaje están en los trabajos realizados por Porlán y Martín (1994). Particularmente estos autores hacen relación a las deficiencias que tras años de investigación con profesores en formación y en ejercicio fueron detectadas. La intención es claramente que se busquen las estrategias de seguimiento por parte del profesor en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes (p, 181). Por lo tanto, los factores de mayor incidencia son:

- Convertir los contenidos de las disciplinas científicas en contenidos curriculares, sin que medie ningún tipo de reflexión acerca de la naturaleza epistemológica del conocimiento que se pretende promover en la escuela. Esto implica y favorece

una visión fragmentaria, acumulativa y absoluta de la ciencia y de los contenidos escolares sin asumir la complejidad del conocimiento científico.

- Ignorar los aspectos éticos, actitudinales y procedimentales de la educación, sin tomar en consideración las aportaciones que la ciencia puede hacer en estos campos. Por lo cual, considera a los alumnos receptores pasivos de información, como si no tuvieran experiencias y significados espontáneos sobre los fenómenos naturales.
- Separar los contenidos de la metodología didáctica y de la evaluación, como si entre los procesos de producción y regulación de significados y los significados mismos no hubiera relaciones de interdependencia.
- Ignorar la dimensión social y colectiva del aprendizaje. Además de concebir la evaluación como una actividad selectiva y sancionadora, que suele centrarse en la medición de aprendizajes memorizados mecánicamente por los estudiantes.

De acuerdo a lo anterior, la nueva teoría del conocimiento profesional del profesor (Porlán, 1998, p 183) implica un análisis profundo de la naturaleza de la profesión docente, sus limitaciones, estatus social y conocimiento didáctico del contenido (CDC). Gran parte de la capacidad que el profesor muestra en los procesos de enseñanza-aprendizaje está relacionada con la formulación de itinerarios que permiten hacer un seguimiento a la evolución de las ideas de los estudiantes en un periodo determinado de tiempo (García, 1994 y 1995; Porlán, 1998, 2010 y 2011).

El conocimiento profesional deseable del profesor involucra de primera mano la idea de la integración de conocimientos disciplinares. Es un llamado a romper los límites epistemológicos de las disciplinas para integrarlos al conocimiento del profesor. Esto no implica que las disciplinas tiendan a desaparecer ya que siempre serán necesarias para la humanidad.

5.1.3. El conocimiento profesional deseable

Valbuena (2007) menciona algunos elementos característicos de la propuesta del grupo *IRES*. El autor incluye al menos cuatro características relacionadas con el conocimiento profesional del profesor:

1. Es epistemológicamente diferenciado de los otros tipos de conocimiento de las disciplinas científicas. Por lo tanto, el conocimiento del profesor no es el mismo del de la disciplina que enseña.
2. El conocimiento del profesor es el resultado de la integración compleja y sistémica de otros tipos de conocimiento. No se puede hablar de un tipo de conocimiento profesional que este separado de la influencia de otros campos disciplinares.
3. El conocimiento del profesor es de carácter práctico, enriquecido por la experiencia permanente. Además, es integrador, evolutivo, complejo y procesual en relación al trabajo con los estudiantes.

4. Finalmente, el conocimiento del profesor se enmarca dentro de los referentes epistemológicos de la complejidad y la teoría sistémica, el evolucionismo conceptual, el socioconstructivismo, la teoría crítica y el metaconocimiento. Estos referentes serán profundizados en el capítulo siguiente.

Dentro de esta perspectiva es importante tener en cuenta la naturaleza epistemológica del conocimiento del profesor. Algunas investigaciones muestran que al menos en Europa, Porlán (1996, 1998, 2010, 2011) y en algunas investigaciones realizadas en Argentina, de Ángel y De Longhi (2006), los factores que inciden directamente en el desarrollo profesional del profesor son más de tipo psicológico. Sin embargo, otros factores como los de la naturaleza pedagógica de la enseñanza y del estrés profesional están han entrado en la lista de investigaciones recientes.

La búsqueda del conocimiento profesional deseable está vinculada con la praxis del profesor (Porlán, 1998, 2010, 2011). Es el conocimiento que según los actores se construye desde la experiencia del *practicum*. Una vinculación de los conocimientos profesionales disciplinares, el conocimiento pedagógico y el tipo de conocimiento que se construye a lo largo de la práctica profesional. Esta perspectiva del CDC, es la que ha sido denominada por Porlán (2010, 2011) como el CPP o conocimiento práctico profesional. Algunas facetas de este nuevo conocimiento profesional en la práctica implican los siguientes aspectos:

- Es un conocimiento profesional práctico en la medida que los problemas que se deben abordar están relacionados con la naturaleza de la enseñanza.
- El conocimiento profesional deseable en el profesor no se identifica con ninguna disciplina científica. Por lo tanto, el conocimiento que enseña el profesor, no es el mismo de la disciplina en la que se ha especializado.
- Las fuentes académicas del desempeño profesional de profesor están arraigadas a la naturaleza misma de la disciplina que enseña. Además, se incluye la historia de la didáctica y la pedagogía como fuentes primarias que permean la mente del profesor.

Los saberes disciplinares y las didácticas específicas constituyen el primer nivel de integración en la formulación de contenidos. Además de ser la fuente inicial en la planeación de itinerarios de enseñanza-aprendizaje por medio de hipótesis de progresión.

La tabla 6 muestra algunas de las estrategias que son propuestas por Porlán (1987) para realizar una intervención en el aula de acuerdo a ciertos intereses por parte del profesor y algunos de los objetivos esperados en los estudiantes.

Estrategia	Posibles objetivos	Metodología de interés
1	<ul style="list-style-type: none"> • Racionalizar impresiones generales • Acumular información histórica 	<ul style="list-style-type: none"> • El diario de clase
2	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje de técnicas instrumentales • Aprendizaje de conceptos • Aprendizaje de actitudes • Validez de los recursos didácticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pretes-postes • Entrevistas grabadas • Cuestionarios de preguntas y dibujos • Producción de los alumnos • Observación sistémica • Entrevistas grabadas • Test proyectivos • Pretes-postes con un grupo control
3	<ul style="list-style-type: none"> • Conflicto profesor-alumnos • Maduración psicológica de los alumnos • Agrupación de alumnos • Estudio de presentaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Observador externo • Entrevistas grabadas • Test específicos • Entrevistas grabadas • Sociograma de preferencias • Sociograma de conflictos (técnica para niños foco) • Cuestionario de preguntas y dibujos • Entrevistas grabadas • Producciones de los alumnos
4	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la comunicación • Dinámica real y estructura del poder 	<ul style="list-style-type: none"> • Diario profesor-diario alumnos • Observación externa • Análisis de pautas de conducta/análisis de dilemas • Entrevista a profesor y alumno • Idéntico al caso anterior, en general con procesos de triangulación

Tabla 6: Estrategias de intervención en el aula tomado de Porlán, 1987

5.1.4. Las hipótesis de progresión como herramientas para el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes

Desde la década de los años ochenta se vio la necesidad de construir instrumentos didácticos que permitieran conocer la evolución conceptual de los estudiantes. Driver (1989) insistió permanentemente en sus investigaciones la necesidad de implementar el estudio de la evolución de las concepciones de los estudiantes.

Algunos de los problemas que encontró el autor al realizar este tipo de investigaciones fueron:

1. La imposibilidad de secuenciar de forma plausible en una escala lineal muchos de los conocimientos y habilidades incluidos en los programas de las materias.
2. La excesiva simplicidad y escasa utilidad del supuesto de que el desarrollo de los alumnos en cada materia progresa ordenadamente a través de una serie de niveles.
3. La escasa precisión con que muchos de los criterios aparecían establecidos, lo que inducía a que los profesores los pudiesen interpretar de diferentes formas.

Además, para Porlán (1998) la secuenciación de contenidos es un rasgo característico del desempeño profesional del profesor. Cañal (1994), afirma que estos ámbitos de organización curricular están en un nivel más alto que el de la construcción de unidades didácticas de seguimiento al menos por cuatro factores:

1. Son organizadores curriculares que permiten la secuenciación de contenidos dentro de problemas específicos de enseñanza por parte del profesor. La exploración previa de las ideas de los estudiantes es el punto de partida para este proceso.
2. Se construyen unidades de programación que cubren periodos de tiempo más largos a nivel de cursos, años lectivos, seminarios o ciclos de profundización. Estas unidades de programación están en un nivel mayor de complejidad que el de las unidades didácticas.
3. Las hipótesis de progresión que se proponen son flexibles ya que están adecuadas a diferentes niveles y contextos escolares.
4. La reflexión de la práctica profesional del profesor está ligada a la investigación de su propia experiencia curricular.

En el planteamiento de las hipótesis de progresión por parte del profesor se deben tener algunas pautas. Entre estas están la adecuada secuenciación de las actividades presentadas a los estudiantes y la selección del tema de estudio. Estos dos factores serán determinantes en el interés que los estudiantes muestren durante el proceso. García (1994 y 1995), menciona algunos factores que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar un objeto de estudio para la organización de un itinerario didáctico adecuado para los estudiantes. Cabe mencionar que estas características están ligadas a un eje temático trabajado por Correa, Cubero y García (1994), alrededor del tema de la contaminación (p, 116). Algunos factores que deben tener en cuenta son los siguientes:

1. El tópico no suscrito en ninguna disciplina del conocimiento
2. Ya que el conocimiento escolar deseable incluye la parte social dentro de la red conceptual de relaciones, el contenido seleccionado debe tener un carácter socio-ambiental.

3. El material o las temáticas escogidas para el proceso deben ser idóneas a la hora de ofrecerle al estudiante la posibilidad de cambiar de un pensamiento simple hacia uno complejo.
4. El tema debe ser de actualidad. Constantemente mencionado en los medios de comunicación, en la publicidad o en los diarios.

En este orden de ideas, García (1994, p 119) afirma:

“Cada una de estas unidades se podría corresponder con un determinado itinerario didáctico en la trama de contenidos y con una cierta hipótesis sobre cómo puede ser la progresión de los alumnos en la construcción del conocimiento, es decir, el paso de unos niveles de formulación a otros”.

Por esta razón, la formulación de los niveles de complejidad parte de las aportaciones del conocimiento formal y de los saberes de los estudiantes con el fin de establecer cuáles son las temáticas más relevantes para determinado tópico.

Al tener en cuenta los obstáculos que los estudiantes presentan durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, se pueden plantear niveles de formulación que permitan abordar problemas más evidentes durante la práctica profesional del profesor. La propuesta de Correa, Cubero y García (1994) evidencia algunas características de las concepciones de los estudiantes (ver figura 1)

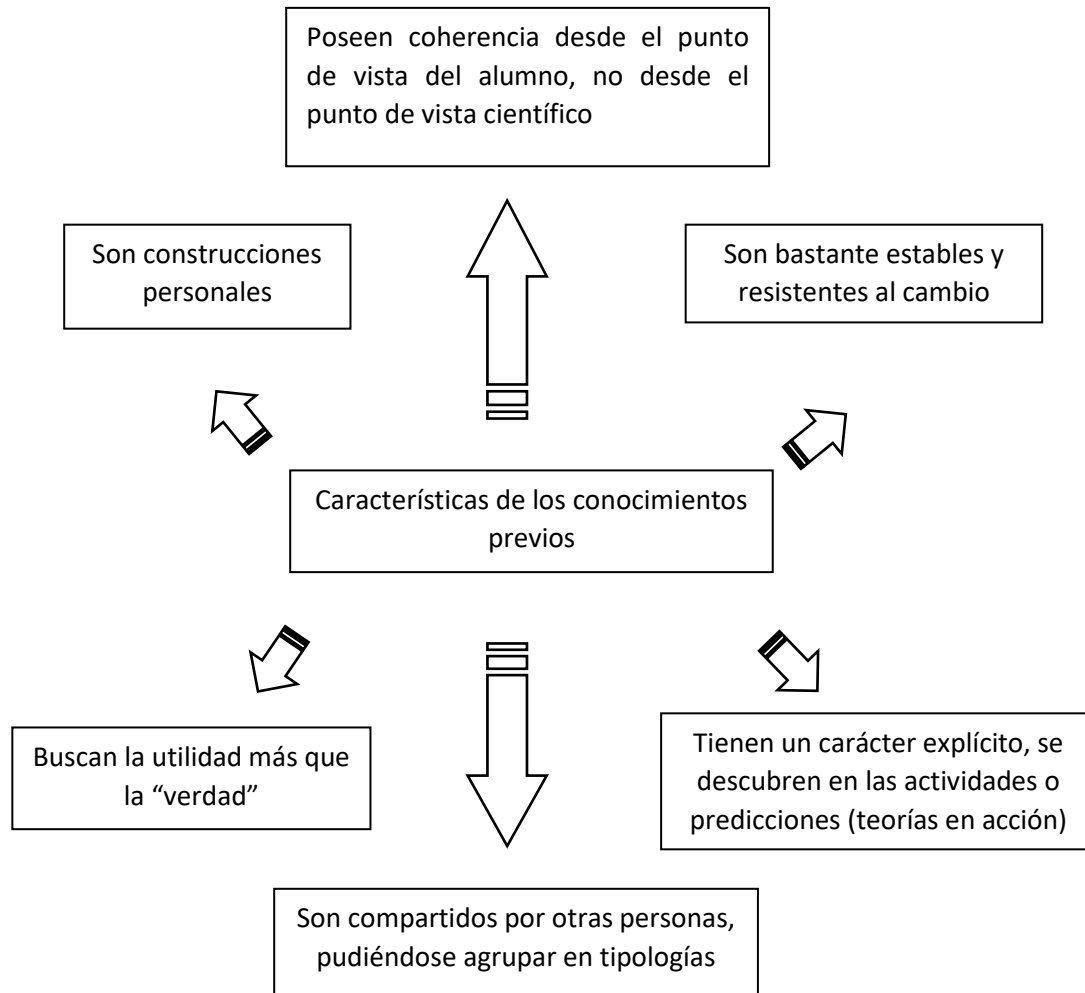


Figura 1: Las ideas previas de los estudiantes García (1994)

El contraste entre las ideas de los estudiantes y las nuevas ideas provenientes de la información suministrada por el objeto o tema de estudio, pretenderá superar los obstáculos de aprendizaje que puedan presentar los estudiantes. La resistencia al cambio conceptual debe ser una variable que el profesor debe tener en cuenta durante todo el proceso ya que hay cierta tendencia por parte de los estudiantes a volver a las ideas que tenían al inicio del proceso (García, 1994 y 1995).

Tras la construcción y la ejecución de las unidades didácticas, se debe desarrollar una evaluación clara y concienzuda. Algunos de los factores que se deben tener en cuenta a la hora de evaluar el proceso son los siguientes:

- ¿Fue de carácter procesual y continuo el proceso?
- ¿Existió la negociación con los estudiantes y con todos los involucrados en el proceso educativo? Con esto recordamos el carácter democrático que debe tener un proceso de seguimiento a través de hipótesis de progresión.
- ¿Se lograron procesos metacognitivos?

- ¿El proceso fue netamente cualitativo?

Este proceso se considera con una ruta que se desarrolla de forma espiral progresiva. Donde es necesario volver a ciertos puntos del itinerario didáctico en el que se retoman elementos de la temática de interés para realizar cierta retroalimentación.

5.1.5. El conocimiento práctico profesional (CPP)

Porlán (2010 y 2011), considera que la nueva tendencia del conocimiento didáctico del profesor es el conocimiento práctico profesional. Este es un tipo de conocimiento que va más allá del conocimiento que el profesor tiene acerca de la disciplina que enseña y de los conocimientos acerca de la pedagogía y didáctica. La fundamentación de este conocimiento se basa según Porlán en el *practicum*, donde a través de la práctica, el profesor adquiere los elementos necesarios para resolver problemas circunstanciales de su quehacer diario. Uno de los rasgos característicos del conocimiento del profesor, por lo tanto, es la capacidad inherente de su CPP para responder a las necesidades propias de la escuela y de las realidades escolares.

Algunos de los principales problemas prácticos profesionales (PPP), que se han identificado a lo largo de las investigaciones del grupo IRES son los siguientes:

- El proceso de aprendizaje se identifica más como memorístico. La comprensión ha sido relegada a los currículos tradicionalistas que pretenden la trasmisión de contenidos que distan de las ideas de los estudiantes y de procesos progresivos.
- Los contenidos han sido identificados como los fines para adquirir conocimiento y no como los medios pertinentes para realizar actividades didácticas de aprendizaje.
- La complejidad conceptual de las disciplinas ha sido reducida a términos sencillos y carentes de relación con otros. La supremacía de los datos estadísticos ha relegado la complejidad a simples especulaciones escolares.

Estos PPP son un punto de partida importante para comprender las diversas formas en que se pueden abordar distintas temáticas en la escuela. Además, permiten desarrollar itinerarios didácticos que respondan a los diferentes obstáculos que los estudiantes presentan durante el proceso (García 1994 y 1995).

En el caso específico de la enseñanza de las ciencias los factores de incidencia en la práctica profesional del profesor ya son claros, aunque se requiere de nuevas investigaciones que permitan profundizar aún más en con el fin de progresar satisfactoriamente en los procesos de enseñanza. Particularmente, se ha tenido en cuenta como parte del proceso las ideas de los estudiantes. Para esto se promueven diversas hipótesis de progresión que permiten evaluar el progreso de los estudiantes de una visión lineal y particularizada hacia una compleja y relacional.

Sin embargo, los factores que determinan la práctica profesional del profesor están influenciados también por factores exógenos a la escuela. Las creencias, los proyectos de vida y las relaciones establecidas socialmente por años, permean la actividad diaria del profesor. Porlán (2010) afirma que los profesores han creado una cosmovisión docente que tiene una fuerte influencia sobre su quehacer. Sin embargo, es claro que, visto desde la perspectiva de las progresiones de aprendizaje, este modelo alternativo, esta influencia por el socioconstructivismo, la complejidad, la perspectiva crítica, el evolucionismo conceptual y la metacognición.

Con este panorama se puede realizar una evaluación del CPP (conocimiento práctico profesional), con el fin de producir cambios significativos en el trabajo profesional del profesor. Según Porlán (2010), este nuevo enfoque del CDC muestra un gran desconocimiento epistemológico de la labor del profesor. Esta práctica que se asume como una intervención en el ámbito de la realidad escolar no está supeditada al conocimiento disciplinar y a las metodologías de enseñanza sino a la práctica diaria del profesor.

Los PPP (problemas prácticos profesionales), requieren de algunos cuestionamientos básicos acerca de la didáctica de las Ciencias Naturales. Entre los que se pueden realizar encontramos los siguientes Porlán (2010, p. 36):

1. ¿Cuáles deben ser los fines de la enseñanza de las ciencias? ¿Qué modelo personal y socio ambiental se pretende favorecer?
2. ¿Qué sabemos los docentes acerca de los tópicos del currículo de ciencias? ¿Qué deberíamos saber?
3. ¿Qué ideas tienen los alumnos en relación con los fenómenos que estudia la ciencia? ¿Cómo podemos analizarlas?
4. ¿Cuál es la naturaleza de los contenidos escolares? ¿Qué fuentes de conocimiento seleccionar? ¿Qué tipos de contenidos existen? ¿Qué relaciones hay entre ellos?
5. ¿Qué metodología de enseñanza es más adecuada para favorecer la evolución de las ideas de los alumnos? ¿Qué secuencia de actividades promueven un mejor aprendizaje? ¿Cómo abordar la diversidad del alumnado?
6. ¿Cómo evaluar de manera que sirva para mejorar el aprendizaje de los alumnos y la enseñanza del profesor? ¿Qué papel deben jugar alumnos y profesores?
7. ¿Cómo desarrollar una unidad didáctica en el caso de la enseñanza de las ciencias?
8. ¿Cómo desarrollar un curso completo?, ¿Qué progresión de aprendizaje científico de los alumnos puede servir de referencia?
9. ¿Cuál es mi modelo didáctico personal (MDP) para la enseñanza de las ciencias? ¿Cuáles son mis principios didácticos? ¿Cómo minimizar los obstáculos precedentes del contexto escolar, social y cultural? ¿Cómo abordar mis conflictos emocionales asociados a los cambios?

5.2. Perspectivas de investigación en la escuela

En este apartado se tratarán las implicaciones de tipo didáctico que tienen las perspectivas de investigación en la escuela en el desarrollo del conocimiento profesional deseable y en la búsqueda de un conocimiento escolar deseable en los estudiantes. Desde este punto de vista Porlán (2010 y 2011) destaca que destaca tres aspectos que son determinantes en la construcción de un conocimiento complejo en los estudiantes. Estos aspectos son la ***perspectiva crítica, la complejidad y el socioconstructivismo***. Cabe destacar que dentro de la complejidad, los autores que han trabajado con la transición de un pensamiento simple hacia uno complejo, además tienen en cuenta el ***marco metadisciplinario de referencia*** y el ***evolucionismo conceptual***.

5.2.1. La perspectiva crítica

Desde este punto de vista, las ideas y comportamientos que los estudiantes y profesores tienen no son de carácter neutral (Porlán, 1998). Al contrario, la construcción de un pensamiento complejo implica que se hagan contrastes, se presenten disyunciones y se lleguen a determinados acuerdos a la hora de construir conocimiento. De igual manera se pretende que los estudiantes desarrollen ciertas actitudes ante la forma en que están aprendiendo (respeto por las ideas de los demás, cooperación, trabajo en equipo y autonomía).

Para García (1994 y 1995), tener en cuenta la perspectiva crítica a la hora de construir itinerarios didácticos que promuevan una mentalidad compleja, es un proceso que rompe con el tradicionalismo en la escuela. En palabras del autor, es el reconocimiento de la relación íntima que hay entre intereses y conocimientos. Esto en gran medida porque muchos de las concepciones de los estudiantes son el resultado de una visión simplificadora del mundo. Y por lo tanto son el resultado de las cosmovisiones, los intereses personales, la clase social, el sexo y la misma sociedad.

Por lo anterior, es importante que desde la perspectiva crítica, no solo se pretenda enseñar determinados conocimientos sino que además se determine *que hacer, por qué hacerlo y para qué hacerlo* (Porlán, 1998). Este involucra la construcción de contenidos de enseñanza con secuencias lógicas pero además de la formación de un espíritu crítico, autónomo, y una acción transformadora en la sociedad.

Además, los contenidos escolares no deben ser netamente académicos. Estos deben estar relacionados con los intereses de los estudiantes, con las ideas propias de cada uno (García, 1994) y los problemas y obstáculos epistemológicos propios de las edades de los alumnos. En palabras de Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997, p 16):

“...los procesos de estructuración y generalización han de vincularse, en lo posible, a la práctica y a la experiencia, por un lado, como forma de implicarse en la transformación rigurosa y crítica de la realidad y a la metareflexión sobre el proceso seguido, por otro, como forma de desarrollar esquemas de integración y transferencia de significados del sistema de ideas propio.”

5.2.2. La perspectiva de la complejidad

Para Morin (1980, 1991) el paradigma de la complejidad se contrapone al paradigma de la simplificación en el sentido que todo lo que aparentemente no tenía ningún tipo de relación encuentra una multitud de variables que se afectan y complementan mutuamente. Desde este punto de vista, se reconoce que existe un evolucionismo conceptual en el que los estudiantes cambian de ideas simples a unas de mayor complejidad (Toulmin, 1973).

Este proceso de cambio se ha relacionado con la evolución biológica propuesta por Darwin (1859) y ha sido retomado por autores como Bertalanffy (1976); Morin (1990) y Porlán (1998). En general, los autores coinciden en afirmar que de la misma forma en que las especies están sujetas a procesos de selección natural para adquirir características que evolutivamente les den éxito, las ideas también cambian de forma progresiva. Por esta razón, aquellas ideas, teorías y concepciones que están revestidas de rigor experimental y resisten la corroboración, son las que prevalecerán en el tiempo.

Al contrastar las implicaciones didácticas de la complejidad, la transferencia de unos dominios a otros y de unas situaciones a otras, podría ser una característica de la investigación en la escuela, y por lo tanto, de la construcción de conocimiento escolar (García 1994, p 135).

Teniendo en cuenta la teoría del **evolucionismo conceptual** de Toulmin (1973), y sus aplicaciones a la didáctica de las ciencias, se considera que el estudiante construye gradualmente el conocimiento. Por lo tanto, en la elaboración de hipótesis de progresión se deben tener en cuenta las dificultades que se pueden presentar a la hora de construir conceptos metadisciplinarios. No obstante una de las características que identifican el conocimiento escolar deseable es la **metacognición**.

Se espera, por lo tanto, que el estudiante este en una transición de un pensamiento simple hacia uno complejo. Las ideas de los estudiantes se caracterizan por tener un enfoque en el que prima lo perceptivo, lo evidente y lo inmediato.

En cuanto a las relaciones causales, predomina una concepción simple al no establecer relaciones entre la multitud de factores que pueden incidir en un fenómeno específico. En cuanto a la capacidad para establecer relaciones, los estudiantes muestran una visión compartimentada donde cada concepto se encuentra aislado del todo. Además, se hace claramente la homogenización de los

elementos constitutivos del objeto de estudio. García (1994) afirma que con la instrucción se pretende que esta manera de abordar el objeto de estudio o la temática de interés, el estudiante progrese hacia formas más complejas de conocimiento. Esto ha sido denominado el **marco metadisciplinario de referencia**.

5.2.3. La perspectiva socioconstructivista

Para autores como Claxton (1991); Porlán (1998, 2010) y Valbuena (2007), tanto los estudiantes como los profesores poseen determinadas concepciones acerca del mundo y particularmente acerca de la escuela. Estas ideas pueden ser una herramienta importante a la hora de construir conocimiento pero también pueden ser un obstáculo a la hora de adoptar nuevas concepciones o perspectivas.

Por lo tanto las concepciones que se tienen acerca de determinada temática pueden evolucionar en la medida en que se dan interacciones con otras ideas. La reestructuración y reconstrucción de significados es un proceso que implica argumentación, contraste e interacción con el otro sujeto de conocimiento. Cuando el interés común está centrado en un tópico específico de estudio, se favorece la conciencia de las ideas y conductas propias de cada individuo (Porlán, 1998). No obstante, los procesos de enseñanza-aprendizaje se consolidan desde este punto de vista como herramientas potentes para promover la construcción social de conocimiento. El estudiante aprende a valorar la diversidad, el respeto por la palabra del otro y a asumir posiciones relativistas acerca del tópico de estudio.

Con el fin de abordar la complejidad que requieren los procesos de enseñanza y aprendizaje de las disciplinas, es importante que el profesor comprenda que el conocimiento no se puede individualizar. Al contrario, sus dimensiones son de carácter grupal y social, en la medida en que la interacción con el otro enriquece la construcción de conocimiento.

Para Porlán y López (1993), la relación entre el constructivismo y las concepciones de los estudiantes permite la construcción de conocimiento escolar deseable. Algunos de los aspectos que los autores mencionan en este proceso son los siguientes:

- El aprendizaje de los estudiantes es un proceso que a la vez es individual y social. Según esto Porlán y López (1993, p 6 y 7) afirman:

“...el aprendizaje científico de los alumnos no es un proceso exclusivamente intrapersonal, que tiene lugar en el pensamiento de un alumno aislado, sino que, por el contrario, la evolución de las concepciones de los alumnos y alumnas está íntimamente relacionada con el ambiente psicosocial del aula y con el medio sociocultural.”

- Se deben tener en cuenta las ideas de los estudiantes a lo largo de todo el proceso como una herramienta útil para ir de una visión simple hacia una

compleja.

- El pensamiento de los estudiantes está configurado por un conjunto de esquemas o redes semánticas. Desde un punto de vista psicológico, el pensamiento de los alumnos se encuentra estructurado por un conjunto de esquemas que guardan entre sí ciertos grados de relación. Dichos esquemas de conocimiento constituyen el marco de interpretación y actuación respecto a la realidad, y pueden referirse tanto a aspectos conceptuales como procedimentales y actitudinales
- Para que el alumno inicie un proceso de construcción de significados es necesario que tenga una actitud favorable.
- La construcción de conocimientos y de nuevos significados tiene lugar a través de la interacción de la nueva información y los esquemas preexistentes.
- El aprendizaje debe tener también en cuenta las dimensiones procedimentales y actitudinal de los contenidos de enseñanza.

5.3. Diversidad biológica en Colombia

En este capítulo se tratarán algunos temas relacionados con la biodiversidad en Colombia. Dentro de estos se encuentran la importancia de la diversidad en un país que se encuentra dentro de la categoría de megadiverso. Además, se abordarán las características propias del objeto biológico de estudio que se tuvo en cuenta en esta investigación que para este caso son organismos del Orden Tricóptera. Todo esto con el fin de comprender la importancia del conocimiento de la biodiversidad en nuestro país y cómo puede ser llevado a la escuela de tal manera que se pueda realizar seguimiento a un proceso de enseñanza aprendizaje en estudiantes de grado sexto. Es importante aclarar que los tricópteros en esta investigación son tenidos en cuenta como un medio para abordar temáticas relacionadas con las Ciencias Naturales y no como un fin en sí mismo.

5.3.1. El conocimiento de la biodiversidad en Colombia

La gran cantidad de propuestas que se han construido para la protección de la biodiversidad en Colombia van desde las artísticas, pasando por las políticas y las escolares. Sin embargo, los planes estratégicos establecidos para tal fin distan de las necesidades propias del patrimonio nacional. Desde el punto de vista netamente conservacionista, se han establecido zonas de protección de especies endémicas. Los parques nacionales naturales, han aumentado considerablemente las extensiones no solo en la región continental sino también en la marítima. Las políticas gubernamentales propenden por el cuidado de los recursos biológicos del país, pero no solo los presupuestos sino a la vez el personal especializado para tal fin, parecen escasos.

Las aproximaciones que se han hecho al conocimiento de la biodiversidad no solo tienen en cuenta el nivel de las especies nativas, endémicas o introducidas presentes en el territorio nacional. También se ha trabajado al nivel de poblaciones, acervos genéticos y biomas. La finalidad última de estos proyectos es la conservación de los recursos bióticos y abióticos dentro de sus intrincadas relaciones ecológicas. Es prioritario que el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas se fortalezca en las regiones que contienen áreas silvestres únicas ya que estas ofrecen valores de biodiversidad y servicios ambientales importantes para la sociedad. Estas zonas se establecen con un conocimiento básico de la biodiversidad y además facilitan la continuidad de las investigaciones relacionadas con el tema.

5.3.2. Insectos en Colombia

Aunque no existe una estimación clara acerca de la cantidad de insectos existen algunos acercamientos hipotéticos. Se cree que la cantidad de especies está entre los dos millones y los treinta millones aproximadamente. Aunque estas cifras son el producto de estudios teóricos y estadísticos nos dan una clara idea de la gran diversidad y abundancia que sopesa este grupo. Los insectos habitan en todos los ambientes posibles del planeta a excepción de las regiones polares. Su plasticidad ecológica les ha permitido colonizar un sin número de hábitats de forma exitosa. Ya que se encuentran en ambientes que van desde los fríos paramos alto andinos hasta el calor extremo de los desiertos. Su alta capacidad de reproducción permite que en distintas temporadas el año las poblaciones mantengan un número constante a lo largo de todo el año. Debido a esto, Colombia es considerada una de las zonas geográficas con el mayor potencial ecológico para albergar innumerables especies de insectos. Dentro de las características ecológicas que han hecho de los insectos un grupo tan exitoso desde su aparición hace 300 millones de años, encontramos:

- Su pequeña talla
- La presencia de alas
- Sus altas tasas de reproducción
- La gran diversidad de hábitos alimenticios. Encontrándose que de acuerdo a las temporadas pluviométricas del año pueden cambiar sus patrones de alimentación sin afectar sus tasas reproductivas o su distribución espacial.
- La capacidad de pasar por diversos estadios de desarrollo antes de llegar a ser adultos. Esto les ha permitido explotar una gran cantidad de recursos alimenticios solapando su crecimiento a los recursos disponibles en el ambiente.
- Fuertes mecanismo de defensa que les permiten evadir a sus potenciales depredadores además del desarrollo de estructuras morfológicas que les facilitan la consecución de presas.

Aunque las estimaciones de especies para Colombia aun no son claras, se cuenta con cerca de 7000 especies determinadas y datadas en los bancos de información entomológica (Amat, Andrade y González, 1999). Sin embargo, se cree que hay más

de treinta mil especies no han sido clasificadas para nuestro país. A esto se le suma la gran cantidad de especies nuevas que son encontradas anualmente.

Los coleópteros comprenden el grupo más diversificado y se conocen aproximadamente 5000 especies hasta hoy; de himenópteros se conocen 4800 y de lepidópteros, a excepción de las polillas se conocen en la actualidad 3020 especies. El registro de especies de insectos acuáticos, aunque aún se considera mínimo, está en constante crecimiento debido a la gran cantidad de investigaciones requeridas en el tema. Esto, sobre todo por el interés de conocer la calidad de los ecosistemas acuáticos de acuerdo a patrones de bioindicación.

5.3.3. Tricóptera

Los tricópteros, particularmente en su estado larval, están relacionados con condiciones específicas del ambiente. Gran parte de las investigaciones que se han realizado a nivel mundial y nacional están relacionadas con la salud de los ecosistemas lóticos. Este trabajo pretende utilizar este Orden de insectos como un medio para la evaluación de procesos de enseñanza-aprendizaje a través de una hipótesis de progresión en estudiantes de grado sexto. Dentro de las posibilidades que ofrece este grupo para la realización de trabajos didácticos en la enseñanza de las Ciencias Naturales se encuentran:

- Son fáciles de encontrar en casi cualquier ecosistema lotico que conserve condiciones adecuadas para el desarrollo de larvas de este Orden.
- Los métodos de captura son sencillos ya que los lugares específicos en los que habitan son de fácil acceso al no implicar que la integridad física de los colectores se arriesgue.
- Se pueden conservar el alcohol, en los que pueden durar años sin que las estructuras anatómicas sean afectadas por el paso del tiempo.
- Se pueden manipular en el laboratorio con un equipo adecuado de pinzas, agujas y estereoscopios para su determinación taxonómica.
- Se prestan para la realización de actividades didácticas que estén relacionadas con el conocimiento de las Ciencias Naturales. Debido al poco conocimiento que hay del este grupo de insectos en las aulas, se pueden utilizar como una herramienta potente para la innovación de la enseñanza de temáticas específicas de las Ciencias Naturales. Los trabajos investigativos de esta índole cuentan más con abordajes a la determinación taxonómicas, la caracterización de la calidad del agua a partir de la presencia de poblaciones de estos insectos y al conocimiento de la distribución espacio-temporal. Sin embargo, las aportaciones a nivel didáctico, tras la revisión bibliográfica nacional y mundial es prácticamente inexistente. A partir de esta información podremos realizar una cartelización clara de este grupo de organismos.

Los tricópteros son insectos que se caracterizan por la construcción de casas o refugios en su estado larval. Los materiales que utilizan frecuentemente para estos

refugios son piedrecillas, hojarasca y arena. Se cree, que además de brindarles protección contra los depredadores, estas casas son un medio de consecución de alimento. Las especies que poseen casas portables, las utilizan para buscar lugares mejor oxigenados y alimento. En algunas de las familias más representativas para Colombia, las casas sirven a menudo como un medio para la determinación taxonómica (Roldan, 1998). La imagen 1 muestra algunos de los refugios que construyen los tricópteros.



Imagen 1: Refugios construidos por los tricópteros (Bonada, Sainz y Zamora, 2015, p. 2)

Estos insectos son holometábolos, es decir, tienen una metamorfosis completa. La gran mayoría de especies requieren de hasta dos años para completar su ciclo de vida. Suelen tener de cinco a siete estadios de desarrollo durante su metamorfosis. El estado larvario dura aproximadamente tres semanas, después del cual se convierten en adultos. Las formas adultas, están cercanamente emparentadas con las mariposas y polillas (Lepidóptera), que tienen escamas en sus alas y, como ellos, son capaces de producir seda. La mayor parte de su actividad diaria está en las primeras horas de la noche, lo cual también es importante tener en cuenta en el

momento de muestrear adultos del Orden. Las hembras por lo regular depositan los huevos sobre las rocas y los protegen con una masa gelatinosa.

Se han encontrado en investigaciones realizadas para Colombia (Roldán, 1998; Rincón, 2002; Posada, 2003; Medellín y Rincón, 2004 y Mena, 2009), que estos grupos de organismos no solo habitan ecosistemas lóticos como ríos. También es posible encontrarlos en ecosistemas lénticos como humedales, lagunas, lagos y ecosistemas marinos. Sin embargo, las aguas frías y bien oxigenadas parecen ser los lugares en los que se encuentra la mayor diversidad de especies del grupo. No obstante, la región andina colombiana ostenta el mayor registro de especies determinadas para nuestro país (Roldán, 1998).

Los tricópteros se alimentan de algas que encuentran sobre las rocas. Limpian las rocas con unas estructuras similares a brochas que poseen en sus aparatos bucales para tal fin. Otras especies son depredadoras. En análisis de contenidos intestinales se han encontrado estructuras completas de otros organismos tales como patas, cabezas y uñas.

Ecológicamente, los tricópteros son considerados bioindicadores de las condiciones de calidad de los ecosistemas acuáticos, especialmente de los lóticos. La mayoría de individuos de estas poblaciones habitan en aguas limpias, frías y bien oxigenadas. Se encuentran principalmente en zonas de corriente permanente, bajo rocas o en la hojarasca. Aunque también suelen habitar zonas de aguas quietas o remansos de quebradas y riachuelos (Roldán, 1998).

Por lo anterior, los macroinvertebrados acuáticos son considerados como los mejores indicadores de la calidad del agua, entre los cuales los tricópteros en estado inmaduro representan la mayor parte de la biomasa de esta comunidad. Dentro de las razones que hacen importante al grupo de los insectos en la bioindicación se tiene el que este grupo constituye el componente de mayor diversidad en ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, y que responden a los cambios ambientales más rápidamente que los vertebrados utilizados como bioindicadores, los cuales pueden exhibir respuestas evidentes cuando ya es tarde desde el punto de vista del manejo de la conservación.

No obstante, gran parte de los proyectos para la recuperación de estos ecosistemas tiene como base la determinación de la diversidad y abundancia de poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en los que se incluyen con mayor relevancia los tricópteros. La fragilidad ecológica de los tricópteros a las perturbaciones de su hábitat, los consolidan como un grupo clave en la determinación de las condiciones de la calidad del agua de los ecosistemas acuático.

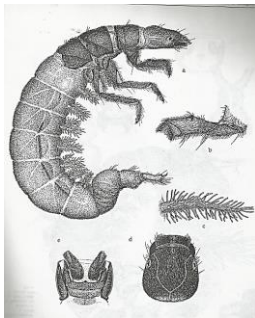
Los ecosistemas acuáticos tienen condiciones muy específicas relacionadas con las variables fisicoquímicas. Debido a esto gran parte de la atención hacia la recuperación del agua en cuencas hidrográficas importantes para el país se ha

centrado en reconocer la dinámica ecológica de las poblaciones de insectos acuáticos. No solo por ser poblaciones específicas para estos ecosistemas sino también por su compleja relación con las tasas metabólicas de los ecosistemas acuáticos, el ciclaje de nutrientes en la hojarasca y la permanente resiliencia que representan para las redes alimentarias.

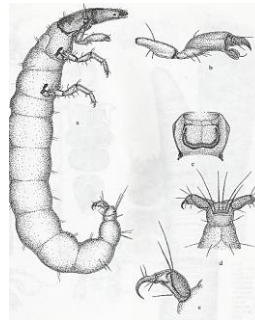
En los estudios de distribución de las poblaciones de tricópteros en la región tropical (Roldán, 1998; Flint, 1971; Rincón, 2004), se determinó que son en su gran mayoría cosmopolitas. Esto significa que habitan literalmente cualquier ecosistema acuático colombiano en el que se den las condiciones adecuadas para la reproducción y consecución de alimento.

5.3.4. Clasificación taxonómica de los tricópteros

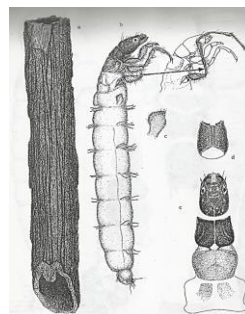
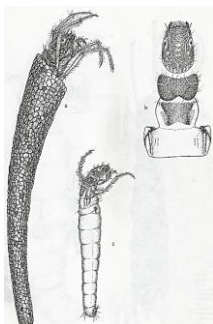
Dentro de las características que se tienen en cuenta para la clasificación y determinación de los tricópteros, se tienen en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos abdominales; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen; la presencia de un labrum membranoso o rígido, además del número de pelillos que posee; el largo de las patas, la forma de las antenas y los patrones de esclerotización en algunos segmentos abdominales. Además, se tienen en cuenta las formas y los materiales que utilizan para la construcción de sus casas (Roldán, 1998). La figura 2 muestra algunas de las familias más representativas para Colombia.



Hydropsychidae



Hydrobiosidae



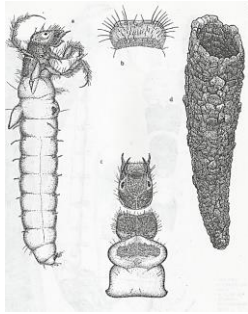
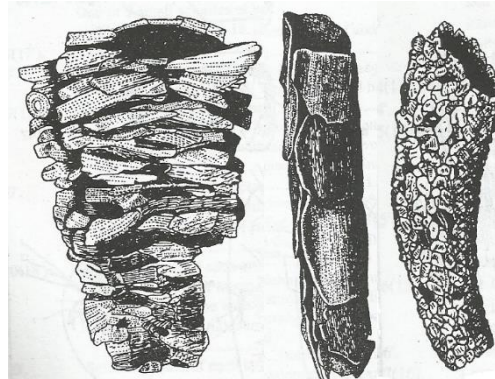
Leptoceridae**Leptoceridae****Leptoceridae****Refugios Leptoceridae**

Figura 2: Familias representativas del Orden Tricóptera para ecosistemas de la región andina colombiana (Roldan, 1998).

Para nuestro país el nivel taxonómico que más se ha tenido en cuenta para la clasificación de tricópteros ha sido el de Familia. Sin embargo, las investigaciones realizadas en trabajos de grado y posgrados han desarrollado determinaciones al nivel de géneros y especies (Porlán, 1998). Aunque los datos a ciencia cierta no son exactos acerca de la cantidad de especies de tricópteros que habitan los ecosistemas acuáticos colombianos, se cree que la cantidad supera las seis mil. Es notable a presencia de larvas de estos insectos en ecosistemas marinos de la costa caribe y pacífica, aunque las investigaciones en estos campos aún son muy recientes. Aunque en este momento en el país la cantidad de grupos que se dedican a este tipo de investigaciones son relativamente pocos se han consolidado líneas de investigación en diferentes universidades del país.

Cabe resaltar los aportes taxonómicos de las colecciones de insectos acuáticos de la universidad pedagógica nacional, la de la universidad Nacional y la de la universidad de los andes. El grupo de investigación de ecosistemas de la región andina colombiana de la universidad de Antioquia ha realizado también aportes importantes al conocimiento de la diversidad de insectos acuáticos del país. El principal capital de estos grupos está reflejado en cartillas ilustrativas, tablas de diversidad y abundancia y algunas ponencias realizadas a nivel nacional e internacional en América Latina.

A pesar de ser uno de los grupos menos referenciados en los inventarios generales de insectos para Colombia, en los últimos años los tricópteros han recobrado una importancia significativa en los estudios de calidad del agua. Gran parte de los proyectos de conservación de ecosistemas lóticos del país, tiene como objetivo en primera instancia, reconocer la distribución de las larvas de insectos acuáticos, entre las cuales están también los tricópteros. A partir de esto se pueden determinar los posibles impactos que las comunidades humanas locales están generando sobre los

cuerpos de agua representativos en diferentes regiones de Colombia. Los estudios comparativos de distribución de insectos acuáticos realizados por (Pérez y Romero, 2005; Bernal, 2007; Moreno, 2007; Duarte e Hincapié, 2008; Delgado y López, 2012; Robles 2012; Rodríguez y Urquijo, 2012; Flórez y Pérez, 2013 y Aguilera, 2014) muestran que los tricópteros son sensibles a variaciones mínimas en la composición química de los ecosistemas que habitan. Por esta razón, se han convertido en un factor biológico determinante a la hora de abordar problemáticas como la contaminación y la perturbación natural.

5.3.5. Tricópteros y didáctica

A pesar del panorama prometedor del estudio de la diversidad de tricópteros en Colombia y de sus implicaciones ecológicas para los ecosistemas existen campos en los que aún no son tenidos en cuenta como objeto de estudio. Particularmente en la didáctica, no han realizado aproximaciones al conocimiento de los tricópteros desde una perspectiva de la enseñanza-aprendizaje.

Por lo tanto, esta es una de las mayores causales que explicaría el desconocimiento de este Orden de insectos en otros ámbitos diferentes a los de la entomología y al de los laboratorios. Gran parte del desconocimiento de la diversidad del país está ligada a la poca cantidad de trabajos que tienen como objetivo dar a conocer los insectos acuáticos de los ecosistemas acuáticos de Colombia. Sin embargo, los tricópteros se prestan como un material biológico de estudio apto para ser utilizado como un medio de aprendizaje en la escuela por diversas razones. Entre las cuales encontramos:

1. Es un material de fácil consecución. Se encuentran adheridos a rocas, musgos o gravillas en ecosistemas en los que resulta fácil su recolección.
2. Las muestras se pueden mantener en alcohol durante mucho tiempo sin afectar la integridad estructural del organismo.
3. Con los materiales adecuados de laboratorio se pueden conservar las estructuras anatómicas que sirven para la determinación taxonómica.
4. La manipulación de las muestras no requiere trabajo previo de capacitación ya que no resulta peligrosa ni afecta la salud de los observadores.
5. En última instancia es un material que resulta nuevo para los estudiantes. Por lo cual es una manera de despertar la curiosidad hacia formas diferentes de aprender las Ciencias Naturales a partir de objetos biológicos de estudio.

6. ORIENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

A partir de la revisión de los referentes teóricos y la construcción de un marco propio que dirigiera cada una de las fases de esta tesis, se tuvo en cuenta una población focal de doce estudiantes entre los doce y trece años correspondientes a grado sexto.

El periodo de tiempo para la investigación de esta tesis correspondió a dos meses y medio en las que se abordaron los temas relacionados con algunos aspectos de la Biología de especímenes del Orden Tricóptera. Las temáticas vistas estuvieron en el marco del seminario de ecología del tercer periodo del currículo de la institución en cuestión.

La investigación estuvo dividida en tres fases de ejecución. Una fase inicial en la que se realizaron las correspondientes consultas de tipo bibliográfico. Para esto, se tuvieron en cuenta los tres referentes teóricos ya abordados (Conocimiento profesional del profesor de ciencias, perspectivas de investigación en la escuela y diversidad biológica en Colombia).

La segunda fase de la investigación consistió en la construcción de las respectivas hipótesis de progresión para cada una de las temáticas (ver tabla 7). Los autores que se tuvieron en cuenta para esta parte de la investigación fueron (Cañal y Porlán, 1987; García y Rivero, 1993; García, 1994; Martín, 1994; Ángel y De Longhi, 2006; Brero y Prieto, 2002; Valbuena, 2007 y Martínez y Reyes, 2014).

Además, dentro de los instrumentos utilizados para la recolección de datos se tuvieron en cuenta los siguientes:

- Diario de campo del profesor de las sesiones donde los estudiantes realizaron debates grupales acerca de los temas propuestos. Este diario de campo correspondió a las horas de trabajo programadas según los horarios establecidos.
- Producciones escritas de los estudiantes acerca de temas específicos relacionados con los aspectos básicos de la Biología de los tricópteros. Los escritos estuvieron basados en el impacto del hombre sobre los ecosistemas acuáticos y los posibles vínculos que esto tenga que ver con las poblaciones del Orden. Además, gran parte de la producción escrita de los estudiantes estuvo basada en establecer relaciones biológicas, ecológicas y sociales que afectan la dinámica de los hábitats de estas poblaciones de macroinvertebrados.
- Guías de trabajo que hicieron parte del itinerario didáctico planteado para esta investigación (ver anexos 10.1 al 10.9). Cada una de estas actividades tuvo su correspondiente introducción al tema que se abordó en clase.

La tercera fase de la investigación consistió en el análisis de los datos obtenidos. Para esto, y teniendo en cuenta los trabajos de Correa, Cubero y García (1994); García (1994 y 1995); Porlán (1987, 1993 y 1998), se realizó una descripción

cuantitativa y cualitativa del trabajo desarrollado, con el fin de estimar el aprendizaje de los estudiantes desde un pensamiento simple hacia lo complejo. La figura 2 muestra cada una de las fases de ejecución y la estructura de la investigación:

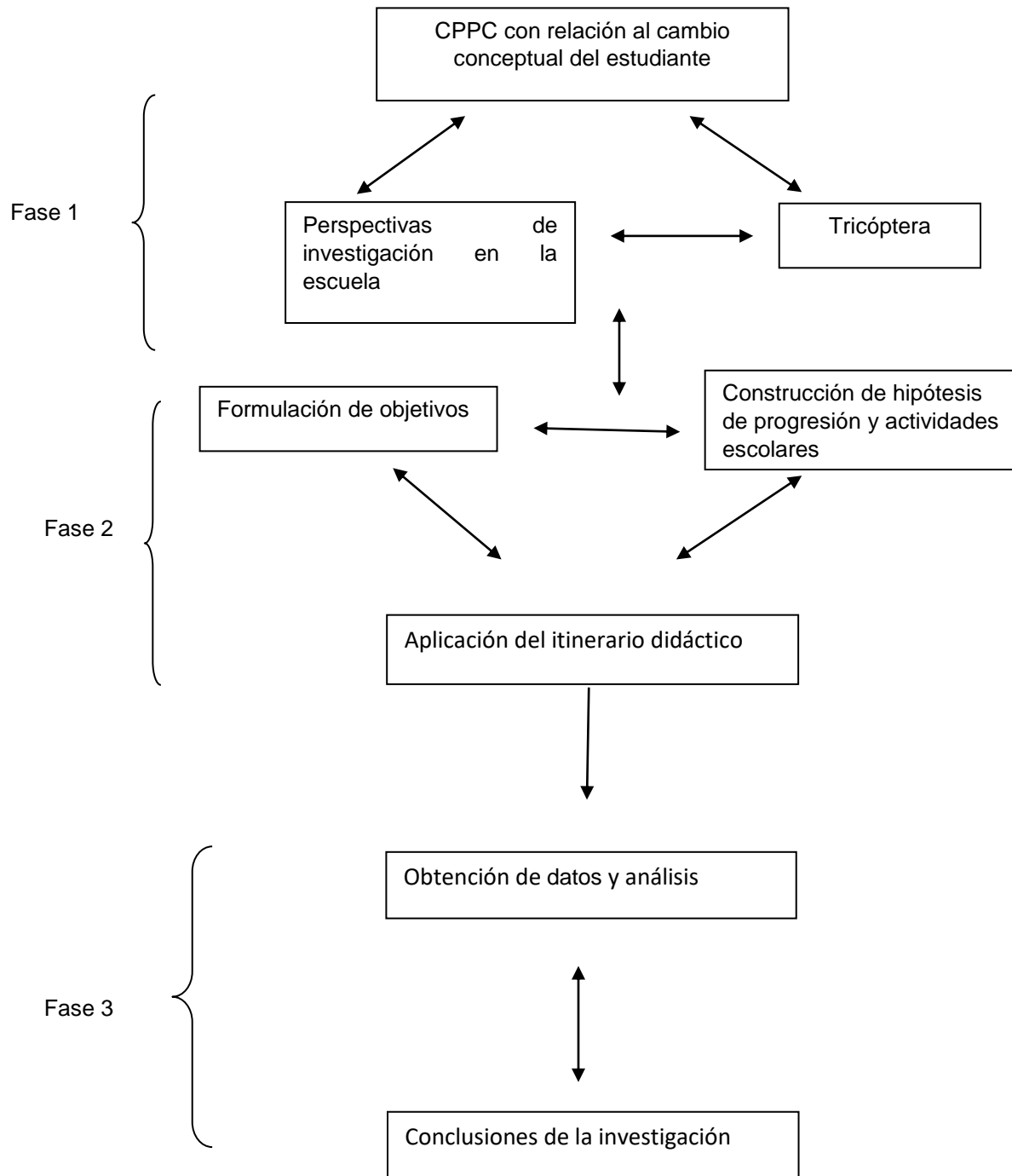


Figura 2: Fases de la investigación.

6.1 Hipótesis de progresión para el Orden Tricóptera

Para la organización de las temáticas que conllevaron a la construcción de las hipótesis de progresión se tuvo en cuenta la propuesta de Correa, Cubero y García (1994); García (1994); Porlán (1987, 1993 y 1998). Estos autores son un referente importante debido a que en la revisión bibliografía realizada no se encontraron trabajos desarrollados directamente con estudiantes y que además tengan en cuenta temáticas escolares para ser implementados en el aula utilizando hipótesis de progresión.

Para las hipótesis de progresión en cada uno de las temáticas se tuvo en cuenta tres niveles de complejidad (ver tabla 7). El primer nivel que está relacionado con la experiencia inmediatamente cercana al estudiante, lo evidente y próximo a su experiencia. En el nivel 2 el estudiante utiliza conceptos relacionados con las ciencias estableciendo relaciones muy sencillas entre estos. En el nivel 3 el estudiante establece relaciones complejas, causales y sistémicas entre las temáticas abordadas con relación al objeto de estudio.

A continuación (ver tabla 7) se muestran las hipótesis de progresión para cada una de las temáticas planteadas en el itinerario didáctico. A partir de cada uno de los niveles de complejidad, se construyó una hipótesis de progresión específica para la enseñanza del Orden Tricóptera que permitió hacerle seguimiento a la evolución de las ideas de los estudiantes.

Contenido	Temática	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Tricóptera	Hábitat	Se mencionan grupos de organismos generales que pueden habitar los sistemas acuáticos colombianos. No se hace relación de los grupos más pequeños de poblaciones poco evidentes como los insectos o los macroinvertebrados acuáticos. Existen nociones generalistas sobre animales que hacen parte de las poblaciones de un ecosistema	Aparecen nociones específicas de organismo poco evidentes que hacen parte de un sistema acuático. Se incluyen las algas, plantas y algunas poblaciones de insectos como parte del sistema ecológico y biológico del sistema acuático	Se mencionan las poblaciones de tricópteros como parte fundamental de la estructura del sistema acuático. Set tienen en cuenta micro habitats específicos en los que se pueden encontrar representantes de las diferentes especies. Se hace noción al concepto de coreotopo como un lugar con condiciones específicas tales como piedra corriente lenta (PCL), piedra corriente rápida (PCR), lugares de remanso y hojarasca
	Adaptación morfológica	Al realizar las observaciones del material biológico, se presentan dificultades en distinguir funciones específicas de determinadas estructuras básicas de los tricópteros. Dentro de estas estructuras se encuentran las mandíbulas, la forma de las patas y la presencia de uñas, la construcción de casas de material vegetal y mineral y la forma particular del cuerpo que incluye los segmentos abdominales y torácicos	Se evidencian relaciones entre la presencia de algunas estructuras básicas del cuerpo del Tricóptero y el ambiente propio en el que vive. Sin embargo, la visión estructural del individuo aún permanece desligada de todo el conjunto corporal como un sistema complejo de partes.	Se determina de forma clara que la estructura corporal del individuo funciona como un conjunto de partes que cumplen funciones específicas de acuerdo al ambiente en el que vive el individuo. Aparece la visión de adaptación en la que se relaciona la anatomía corporal con las condiciones específicas del ambiente en el que habita el individuo

Tricóptera	Relaciones ecológicas	No aparecen relaciones entre el ambiente biótico y abiótico que hace parte de los tricópteros. Se hace referencia a componentes inmediatos del ecosistema acuático tales como el agua. El sistema se estima simplemente como un conjunto de partes que no guardan relación entre sí	Se relacionan nuevos elementos dentro de los componentes abióticos tales como la luz, la velocidad de la corriente, la presencia de hojarasca y de algunos nutrientes. Aparecen relaciones causales de depredador-presa, pero de forma lineal y aditiva	Aparecen relaciones causales de forma sistémica y compleja entre los tricópteros y su ambiente biótico y abiótico. Se asumen las relaciones ecológicas como un conjunto de redes interrelacionadas donde muchos elementos se afectan de forma mutua entre sí. Se construyen esquemas de relaciones nuevas entre los descomponedores, las algas y aparece la depredación como una forma en que las poblaciones naturales se regulan
	Hábitos tróficos	No se relacionan las características propias de cada uno de los niveles tróficos con los hábitos alimenticios de los tricópteros. Se menciona de forma aditiva e inmediata que los individuos de mayor tamaño son los grandes depredadores del sistema. En contraposición se asume que los individuos de menor tamaño se alimentan de algún tipo de material vegetal y son comidos de forma lineal por los más grandes	Aparecen menciones acerca de la variedad de hábitos alimenticios que poseen los tricópteros. Se hace relación a las algas como parte de las dietas alimenticias de algunos grupos de estos macroinvertebrados. Se asume la idea de que no solo un tipo de hábito trófico determina la supervivencia de las poblaciones de tricópteros. Sin embargo, aún no se establecen relaciones de tipo causal-sistémica entre los hábitos tróficos y el flujo de	Se establecen relaciones multidimensionales dentro de los tipos de hábitos tróficos de los tricópteros. Tras el juego de simulación de redes alimentarias y el análisis de las muestras, se construyen diagramas de flujo de energía donde se muestran de forma clara las interacciones entre las diferentes poblaciones de tricópteros y otros macroinvertebrados. Se tienen en cuenta dentro de estas interacciones componentes del microcosmos como las

			energía dentro y fuera del ecosistema.	algas y los descomponedores
Tricóptera	Acción antrópica	No se relacionan las acciones humanas con la presencia o no de las poblaciones de tricópteros y otros macroinvertebrados del sistema acuático. La acción del hombre aparece como un elemento aislado en la dinámica propia, sin hacer relación a sus actividades como determinantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.	Se hace mención a las actividades humanas que pueden afectar de forma negativa los sistemas acuáticos. Sin embargo, las relaciones son asumidas de forma aislada, aditiva y poco funcional. No se incorporan dentro de las características del ecosistema las afectaciones humanas o no es visible el impacto debido a que es un componente esencial del macrocosmos	Se establecen relaciones claras entre las actividades humanas como los cultivos, la ganadería y el vertido de desechos industriales y orgánicos, con la presencia de poblaciones de tricópteros. Los macroinvertebrados son relacionados como indicadores de las condiciones de salud del ecosistema acuático. Dentro de los diagramas de flujo de energía y de interrelaciones aparece la acción de la especie humana en el ecosistema
Hipótesis de progresión para la enseñanza del Orden Tricóptera		Las ideas de los estudiantes acerca de los tricópteros se muestran lineales y sin causalidad. No se establecen relaciones entre los elementos constitutivos del ambiente de estas poblaciones. Predomina una visión inmediata, poco relacional y carente de complejidad	Tras la instrucción, los estudiantes comienzan a mostrar ideas en las que se establecen relaciones sencillas entre las poblaciones de tricópteros y los componentes constitutivos de su ambiente. La aparición de lo poco evidente es parte de este nivel de desarrollo además de la utilización de palabras o términos más estructurados	Se establecen relaciones claras de causalidad entre las poblaciones de tricópteros y cada uno de los elementos constitutivos de su ambiente. Las relaciones son multicausales y en forma de redes de relación que muestran un grado propio de avance para el conocimiento escolar deseable en los estudiantes

Tabla 7: Hipótesis de progresión para la enseñanza del Orden Tricóptera.

6.2 Actividades escolares realizadas para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera

Las actividades presentadas a continuación se basaron en la propuesta de García, 1994; Correa, Cubero y García, 1995 y Porlán, 2010 y 2011. Como se mencionó anteriormente, estas se enmarcaron dentro del tercer periodo académico visto por los estudiantes dentro del currículo escolar (ver anexos 10.1 al 10.9).

Actividad 1: Presentación de la temática e introducción a la diversidad biológica colombiana

La actividad tuvo como objetivo realizar una introducción a las temáticas que se iban a desarrollar durante el periodo académico. Se habló acerca de la importancia que tiene el objeto estudio seleccionado (Tricópteros) además de establecer las normas mínimas para su manipulación en el laboratorio.

Durante esta sesión se realizó una charla ilustrada acerca de la diversidad colombiana. Los estudiantes hicieron un inventario de las diferentes especies que les son conocidas con el fin de acercarlos al conocimiento de formas de vida que aunque han sido estudiadas no las tenemos a nuestro alcance en la escuela. Los estudiantes entregaron como evidencia del trabajo este inventario con el fin de realizar los análisis correspondientes.

Actividad 2: Ecosistemas acuáticos colombianos

Se realizó un video charla acerca de los diferentes tipos de ecosistemas colombianos haciendo énfasis en los ríos como fuentes de biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue que los estudiantes reconocieran los ecosistemas acuáticos como sistemas ecológicos. Además de realizar un primer acercamiento a las diversas formas de vida que pueden habitar los ríos colombianos. Con esta información se esperaba que los estudiantes, además de mencionar especies propias de los sistemas hídricos, representaran con dibujos algunas formas de vida que creen que hacen parte de estos ecosistemas.

Actividad 3: Introducción a los tricópteros

A partir de información suministrada relacionada con las características anatómicas del Orden, los estudiantes realizaron una guía ilustrada acerca de los especímenes más representativos. Las familias escogidas por ser las más representativas para Colombia son Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae y Calamoceratidae. La guía consistió en un juego de imágenes de estos especímenes con algunas preguntas que iban dirigidas a que los estudiantes construyan hipótesis acerca de la anatomía de los individuos. Dentro de las estructuras anatómicas se tuvieron en cuenta la forma de la mandíbula, el tipo de patas, el recubrimiento corporal y las características del abdomen. La idea básica que se pretendió con esta actividad fue

que los estudiantes comprendieran las relaciones existentes entre la forma anatómica y su adaptación al hábitat.

Actividad 4: Análisis de muestras en el laboratorio

Los estudiantes consignaron una guía de observación de laboratorio. Se tuvieron en cuenta las características anatómicas de los especímenes observados para establecer relaciones con el hábitat. Esta actividad fue complemento para el trabajo desarrollado en la actividad número tres. Para este trabajo se tuvieron en cuenta las estructuras anatómicas como la forma de la mandíbula, el tipo de patas, el recubrimiento corporal y las características del abdomen. La información fue diligenciada en tablas de descripción anatómica construidas para tal fin.

Actividad 5: Producción escrita acerca del ambiente de los tricópteros

Con la información suministrada a lo largo de las clases y el trabajo de investigación desarrollado por los estudiantes, se realizaron una producción escrita acerca del ambiente en el que viven los tricópteros. Cada estudiante escribió acerca de la relación anatomía-ambiente que encontraron en los trabajos de laboratorio y de consulta externa al aula de clase. Las producciones de los estudiantes fueron tenidas en cuenta para determinar el avance en temáticas tales como ambiente y adaptación morfológica. Este tipo de actividad se consolidó como una fuente de construcción de conocimiento que sin duda fue importante para la aprehensión de saberes propios de las temáticas abordadas.

Actividad 6: Introducción a las relaciones ecológicas

Los estudiantes observaron un video en el que se hizo énfasis principalmente en las relaciones ecológicas entre los seres vivos. Además, consignaron la información en una guía de clase en la que en forma de síntesis, tomaron nota de los aspectos más importantes. De igual forma, realizaron una descripción de cada una de las relaciones ecológicas observadas, lo cual fue complementado por información suministrada por el profesor durante las clases.

Actividad 7: Juego de simulación de redes alimentarias

Cada uno de los estudiantes recibió un paquete que requirió ser organizado por ellos. Este tenía diferentes recortes de especímenes propios de los ecosistemas acuáticos loticos de la región andina colombiana. Además de imágenes de diferentes componentes abióticos como el sol, el agua, el suelo y los nutrientes. La idea era que los estudiantes organizaran los especímenes de la forma como se disponen en la red alimentaria. Los estudiantes argumentaron las razones por las que organizaron la red alimentaria de esta manera. Cada uno de los juegos de simulación fue fotografiado para realizar los análisis correspondientes.

Actividad 8: El hombre y los ecosistemas acuáticos

Los estudiantes observaron un juego de imágenes conjuntamente con algunos apartados videográficos sobre la intervención del hombre en los ecosistemas loticos colombianos. Se establecieron posibles explicaciones de cómo la acción antrópica afecta las poblaciones de tricópteros. Los estudiantes construyeron una lista de las posibles intervenciones antrópicas que afectan los ecosistemas acuáticos. Con cada una de las actividades antrópicas evidenciada por los estudiantes se construyó la forma en que estas afectan no solo a los tricópteros sino a las otras poblaciones de macroinvertebrados. Además, realizaron un afiche en el que promovieron el cuidado de los ecosistemas acuáticos colombianos.

Actividad 9: Mapa conceptual de las temáticas sobre los tricópteros

Como trabajo final, los estudiantes construyeron un mapa conceptual en el que establecieron relaciones con todos los componentes vistos durante en trabajo realizado. La calidad de los mapas conceptuales se determinó por la cantidad de relaciones establecidas y por la claridad de las conexiones entre conceptos. Cada estudiante vinculado en el trabajo de los dos meses y medio, entregó el correspondiente mapa conceptual.

La tabla 8 muestra un resumen de las actividades que se desarrollaron y el material que se recogió como insumo para el análisis de los resultados:

	Actividad	Descripción	Temática
1	Introducción a la biodiversidad biológica en Colombia	Inventario	Hábitat, Acción antrópica
2	Sistemas acuáticos colombianos	Video charla Dibujos representativos	Hábitat, Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
3	Introducción a los tricópteros	Guía ilustrada	Hábitat, Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
4	Análisis de especímenes	Descripción de estructuras	Hábitat, Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
5	El ambiente de los tricópteros y sus adaptaciones.	Producción escrita	Hábitat, Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
6	Introducción a las relaciones ecológicas	Video y diario de clase	Hábitat, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
7	Juego de simulación de redes tróficas	Organización de especímenes de acuerdo a la información suministrada	Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
8	Ecosistemas acuáticos y su impacto antrópico	Debate por grupos	Relaciones ecológicas y Hábitos tróficos
9	Diagrama general de articulación de lo aprendido	Mapa conceptual	Hábitat, Adaptación morfológica, Relaciones ecológicas, Hábitos tróficos y acción antrópica

Tabla 8: Actividades escolares realizadas para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La presentación y análisis de los datos obtenidos en esta investigación y su correspondiente análisis se organizaron de la siguiente manera:

1. Se presentan los datos obtenidos para cada una de las actividades y temáticas propuestas de acuerdo a los niveles que cada uno de los estudiantes alcanzó en la hipótesis de progresión. De acuerdo a estos se realiza un análisis del seguimiento del aprendizaje de los estudiantes de acuerdo a cada una de las actividades desarrolladas en el itinerario.
2. De acuerdo a la hipótesis de progresión presentada para la enseñanza-aprendizaje del Orden Tricóptera se realiza un análisis de la utilidad que ésta tuvo como herramienta de seguimiento para cada uno de los estudiantes.
3. Se presenta un análisis general del seguimiento del grupo con base en los resultados estadísticos obtenidos en tanto las bondades del Orden Tricóptera para la enseñanza-aprendizaje de las temáticas propuestas.

7.1. Las actividades desarrolladas en tanto la hipótesis de progresión

La tabla 9 muestra la sistematización de los datos obtenidos de la propuesta y desarrollo del itinerario didáctico correspondiente a los dos meses y medio de trabajo. Cada uno de los números corresponde al asignado a cada estudiante que hizo parte de la muestra. En la columna denominada temática aparecen cada uno de los contenidos escolares de ciencias que se abordaron en las actividades. La última columna de la derecha (HDP) corresponde a los tres niveles de la hipótesis propuestos para cada temática. De esta manera se pudo determinar la cantidad de veces que cada estudiante se encontró en cierto nivel de la hipótesis de progresión para la temática desarrollada. Estos datos se obtuvieron del análisis de cada una de las actividades desarrolladas por los estudiantes en el itinerario didáctico.

Tras el análisis de la información obtenida, se determinó el avance que cada uno de los estudiantes mostró a lo largo de todo el itinerario didáctico teniendo como base la hipótesis de progresión (ver tablas 10, 11 y 12)

Temática	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8	Actividad 9	Nivel HDP
Hábitat	1,5,11	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	6,9,10	4,7					1,7	1
			1,2,3,4,5,7,8,11,12	1,2,3,5,6,8,9,10,11,12	1,7,8,9,10,12	1,3,4,5,6,7,9,10,11,12			4,5,6,8,9,10,12	2
					2,3,4,5,6,11	2,8			2,3,11	3
Adaptación Morfológica			4	4,5					7,10	1
			1, 2,3,5,6,7,8,9,10,11,12	1,3,7,8,9,10,11,12	1,4,5,7,8,9,10,11,12				1,4,5,6,8,9,12	2
				2,6	2,3,6				2,3,11	3
Relaciones Ecológicas	2		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1,4,9,10,12	4,10	7,8,10	7	1,7,10	1
				2,3	2,3,7,8,11	1,2,3,5,6,7,8,9,11,12	1,4,6,9,12	1,2,3,4,6,8,9,10,12	3,5,6,8,9,11,12	2
					5,6		2,3,5,11	5,11	2,4	3
Hábitos Tróficos			1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1,2,3,4,7,8,9,10,11,12	1,4,6,7,8,9,10,12	1,4,7,8,9,10,11,12		1,7,10	1
						2,3,5,11	6		3,4,5,6,8,9,11,12	2
					5,6		2,3,5,		2	3
Acción Antrópica	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12						1,3,4,6,7,8,10,12	7	1,3,6,7,8,9,10,11	1
							2,9,11,	1,2,3,4,6,8,9,10,	2,4,5,12	2
							5	5,11,12		3

Tabla 9: Seguimiento a cada estudiante en cuanto a los tres niveles de la hipótesis de progresión para cada temática.

Como se evidencia en la tabla 9, en las actividades 1 y 2 (ver anexos 10.1 y 10.2) los estudiantes tendieron a mantenerse en el nivel 1 de la hipótesis de progresión que se caracteriza por respuestas inmediatas, cercanas a la realidad y sin ningún tipo de relación entre sí (ver tabla 7). Con relación al inventario de la biodiversidad colombiana (ver anexo 10.1), primaron las afirmaciones generalistas tales como:

“tucanes, lagartijas, loros o ballenas” (Estudiante 5),

“colibrí, mono tití, palmeras y águila” (Estudiante 6) o

“peces, plantas o vegetales” (Estudiante 3).

En consecuencia, en la totalidad de los estudiantes, además de no aparecer nombres específicos de especies colombianas, tampoco se mencionan aquellas que son parte del microcosmos como los insectos, microorganismos, algas u hongos. Esto puede obedecer a que se estaba dando inicio al itinerario didáctico por lo que las respuestas distaban de complejidad y de relación con otras temáticas.

Sin embargo, desde la actividad 3 hasta la 9, hubo una progresiva clasificación taxonómica de los términos que se utilizan para designar a los seres vivos. Algunas evidencias de esto son las siguientes:

- Se mencionaron una gran cantidad de especies y de grupos taxonómicos que no aparecen en las actividades 1 y 2. Así por ejemplo, se citan los musgos, los hongos, otras especies de insectos diferentes a los tricópteros y se mencionan las plantas como parte fundamental de los ecosistemas acuáticos (ver anexos 10.3 al 10.5).
- Aumentaron las referencias a todo tipo de materiales y señales procedentes de los seres vivos (materia orgánica muerta, restos orgánicos, huevos y restos de presas)
- Se presentó confusión a la hora de identificar los seres vivos, pues en unos casos se les denomina por un término genérico (insectos,) y en otros por términos más específicos (tricópteros).
- No apareció ninguna mención a los seres microscópicos que de igual forma son importantes en la comprensión de las dinámicas de flujo de nutrientes en los ecosistemas. Resultados similares fueron encontrados por García (1994) en los que en las actividades iniciales, los estudiantes no señalaban nombres taxonómicos específicos para las especies constitutivas de un ecosistema acuático (charca).

El problema del significado del término de microorganismos se integra en un problema más amplio, el de la clasificación y la denominación de los seres vivos. Por esta razón, al inicio del itinerario los estudiantes no identificaron los elementos del ecosistema con especies particulares, sino con agrupaciones de especies de forma general. Así, por ejemplo, en los inventarios que realizaron de los seres

vivos representativos para los ecosistemas acuáticos colombianos, utilizan alusiones generalistas como “plantas”, “peces”, “aves” o “animales”

De igual manera, se hizo evidente que los estudiantes no relacionaron la acción humana como parte de la dinámica de los ecosistemas. La especie humana apareció como un componente aislado y suelto de los procesos naturales. Se hizo mención a actividades humanas de forma general sin explicar la forma en que éstas pueden afectar la biodiversidad colombiana. Algunos ejemplos de respuestas a la pregunta relacionada con la pérdida de la biodiversidad son:

“El calentamiento global y la extinción de las especies.” (Estudiante 4);

“La caza de los animales en vía de extinción y animales normales y la tala de árboles y plantas.” (Estudiante 9) o

“La basura que tiran a donde habitan los peces y cada vez se van muriendo.” (Estudiante 10).

Los estudiantes en general, en el desarrollo de las primera actividad, evidenciaron un conocimiento muy reducido acerca de cómo las actividades humanas afectan a las especies propias de nuestro país. Prevalcieron respuestas más cercanas a su realidad pero sin ningún tipo de aplicación al contexto de nuestro país o a las problemáticas ecológicas de los ecosistemas locales

Particularmente los estudiantes 1, 2, 5 y 11 mostraron en sus respuestas la aparición de temáticas emergentes (hábitat y relaciones ecológicas) que aunque no se tuvieron en cuenta en la actividad 1, fueron importantes para evaluar el aprendizaje. De igual forma aunque estos estudiantes permanecieron en el nivel 1 (ver tabla 9) los argumentos que utilizaron fueron los siguientes:

“Colombia tiene más diversidad que cualquier otro país. De los 17 más diversos Colombia está en el quinto. La contaminación de las personas o seres humanos hacia los animales plantas o lagos afecta esta diversidad.” (Estudiante 1).

En el ejemplo citado a continuación se evidenciaron nociones iniciales acerca de las relaciones ecológicas:

“La biodiversidad son todas las plantas y animales que hay en Colombia y en otros países. No solo el ser humano sino la temperatura y las otras sp ya sean de su misma sp o de otra y la atmosfera pueden afectar la biodiversidad.” (Estudiante 2).

Además este mismo estudiante muestra nociones específicas para las especies al mencionar:

“La palma de cera, la orquídea y el loro oreji amarillo.”

Mientras que algunos estudiantes respondieron de acuerdo a lo evidente otros lo hicieron teniendo en cuenta elementos característicos del microcosmos y estableciendo relaciones sencillas pero de carácter aún lineal.

Para la temática de hábitat de la actividad 2 (ver anexo 10.2) todos los estudiantes se mantuvieron en el nivel 1 de la hipótesis de progresión. El hábitat fue considerado para la mayoría como un componente aislado de los seres vivos. Los estudiantes ubicaron los principales ecosistemas lóticos colombianos de acuerdo a ciertos parámetros geográficos, sin tener en cuenta su importancia para las poblaciones que los habitan.

De acuerdo a lo dicho anteriormente, la visión inmediata a su realidad fue el factor predominante en la determinación del hábitat y sus características específicas con respuestas tales como:

“En los océanos habitan ballenas, pulpos, peces, estrellas, esponjas, corales, medusas, monedas de mar y pepinos de mar.” (Estudiante 8)

“En los ríos habitan musgos, peces, ranas e insectos.” (Estudiante 11).

De igual forma a lo ocurrido en la actividad 1, las especies poco evidentes (microcosmos) no son mencionadas. Además se presentó cierta confusión al mencionar elementos abióticos dentro del grupo de los bióticos, tales como piedrecillas y arena. Tan solo el estudiante 2 afirmó que en los humedales existe *“...una gran diversidad de bacterias...”* pero sin hacer alusión a especies específicas.

Correspondientemente para las actividades que se realizaron (1 y 2), en el diario del profesor se consignó:

“Los estudiantes muestran gran interés por el conocimiento de las especies que habitan nuestro país. A pesar de mostrarse confundidos por las relaciones que se pueden establecer entre la temática propuesta y los contenidos que se van a abordar durante el periodo, la actitud es propicia para la realización de las actividades. Se realizan una gran cantidad de preguntas acerca de las especies que pueden habitar los ecosistemas acuáticos. Los estudiantes esperan que se les brinde soluciones porque a su parecer su conocimiento es limitado acerca del tema.”

En las actividades 3 y 4 (ver tabla 8 y anexo 10.3 y 10.4), algunos estudiantes mostraron un avance del nivel 1 de la HDP hacia el nivel 2. A pesar que en estas actividades solo se iban a tener en cuenta las temáticas de hábitat y adaptación morfológica, los estudiantes tuvieron un avance hacia otros temas en los que comenzaron a establecer relaciones entre conceptos propios de los tricópteros tales como relaciones ecológicas y hábitos tróficos.

Además en el nivel general de la hipótesis de progresión (ver tabla 9) fue evidente que siete de los doce estudiantes (1, 2, 3, 5, 8, 11, 12) comenzaron a establecer relaciones sencillas entre los tricópteros y algunos factores de su ambiente. Aunque estas relaciones fueron sencillas y lineales, utilizaron terminologías específicas para expresar lo que estaban aprendiendo. Así mismo fue notorio el

uso de las palabras Tricóptero, hojarasca, presas, hembras, adaptación, algas que son términos que obedecen a temáticas propias de la ecología.

Los estudiantes en estas actividades (3 y 4) relacionaron la estructura anatómica del Tricóptero con algunos aspectos relacionados con su ambiente, forma y tipo de alimentación. Para citar algunos ejemplos:

“...el beneficio de la construcción de casas es que se esconden de sus depredadores, cazan a sus presas y se las comen dentro de ellas...”
(Estudiante 1).

Este mismo estudiante afirma que:

“...el aparato bucal sirve para comer y por su estructura podemos ver que sirve para limpiar la comida y que ellos se alimentan de vegetales, osea de plantas...”.

En concordancia con lo anterior el estudiante 5 relacionó la presencia de agallas e hidrosegmentos torácicos con:

“...las agallas sirven para desplazamiento y la respiración. Los hidrosegmentos son pequeñas estructuras que están sobre la espalda y es grueso y duro y sirve como un caparazón.”

De igual forma, con relación a componentes que hacen parte del hábitat de los tricópteros los estudiantes coincidieron en afirmar que la construcción de las casas se realiza a partir de palos, hojarasca, piedrecillas, hojas y material vegetal. Además relacionaron la forma anatómica de los tricópteros que observaron en el laboratorio con los lugares específicos del río que habitan (ver anexo 10.3 y 10.4). El estudiante 11 por ejemplo afirmó que:

“Las patas son anchas para las corrientes más fuertes. El aparato bucal es utilizado para coger las rocas y hacer su casa a parte de comer. Las patas menos anchas son debido a que ellos viven en lugares con menos corriente. Los penachos les sirven para coger ciertas presas o para coger y atraer a la hembra.”

Con relación a los coreotopos específicos, a partir de la forma de las estructuras anatómicas observadas en la práctica de laboratorio, los estudiantes establecieron las posibles zonas del río que estos individuos habitan. Así, los coreotopos de PCL y PCR (piedra corriente lenta y piedra corriente rápida) fueron los que aparecieron con mayor regularidad en las intervenciones de clase de los estudiantes y en la práctica de laboratorio.

Los demás estudiantes (4, 6, 7, 9 10) con relación a las actividades 3 y 4 (ver anexos 10.3 y 10.4) se mantuvieron en el nivel 1. Evidencias de esto fueron respuestas donde utilizaron conceptos carentes de relación entre sí. Por lo tanto, predominó la visión poco relacional de las interacciones ecológicas y no se establecieron causalidades sencillas que pudieran dar cuenta de lo visto en las sesiones de clase y en las prácticas de laboratorio.

Para la actividad 5 (ver anexo 10.5), en la que los estudiantes construyeron una producción escrita donde relacionaron los conceptos vistos en las sesiones, la práctica de laboratorio y las intervenciones en el aula, el avance en la HDP fue notorio. Con respecto a las temáticas tenidas en cuenta (hábitat, adaptación morfológica, relaciones ecológicas y hábitos tróficos), los estudiantes 2, 5 y 6 alcanzaron el nivel 3 de la HDP.

Así mismo, estos estudiantes involucraron de forma sistémica cada uno de los componentes propios del ambiente de los tricópteros de tal manera que se muestra avance hacia lo que se denomina conocimiento escolar deseable al nivel de grado sexto. También, es notable la utilización de conceptos más especializados y estructurados de las Ciencias Naturales. A continuación se muestran algunos apartados de las producciones escritas de estos estudiantes.

“Los tricópteros pueden ser carnívoros o no. Son insectos. Viven en ríos en corrientes lentas o rápidas. Ellos construyen sus casas de palos, hojas, arena y hojarasca, gravilla o musgo. Estas sp indican que el agua está en buen estado. Son hidroneústicos o sea respiran oxígeno del agua... sus agallas les sirven para respirar bajo el agua. Su uña abdominal es bastante fuerte en forma de gancho.” (Estudiante 2)

“En los ríos no solo encontramos peces, larvas, algas, rocas. También encontramos insectos llamados tricópteros... ellos construyen casas como refugio y también para atrapar a sus presas, unos se alimentan de hojas, larvas y algas y otros comen peces o dependiendo de su especie. Los carnívoros cuando construyen su refugio dejan un espacio para dejar las patas y también para atrapar una hembra de su misma especie.” (Estudiante 5)

“Los tricópteros son sp que indican que el agua está limpia. Construyen casas portables con hojarasca, piedrecillas, arena y palos. Tienen unas patas que les sirven para cazar cuando están dentro de las casas pues arrastran su alimento dentro del agua. Viven en ríos en corrientes fuertes o lentas según el hábitat al que estén acostumbrados y también al tipo y forma de sus patas. Se encuentran bajo rocas. Cuando el Tricóptero comienza a ser adulto, se empiezan a desarrollar pelos en sus alas y se parecen a las polillas.” (Estudiante 6)

Para esta actividad, los estudiantes que estaban en el nivel 1 de la HDP avanzaron hacia el 2, mientras que los que estaban en el nivel 2 permanecieron en este. En general para toda la muestra fue interesante observar un avance significativo en la utilización de conceptos científicos para argumentar las ideas y expresarlas a otros compañeros. En concordancia con lo anterior, se registró en el diario del profesor para estas actividades:

“Los estudiantes muestran cada vez más interés por este grupo de organismos. Han hecho las correspondientes consultas bibliográficas y dentro de los grupos de trabajo comparan los especímenes observados con los de la guía de trabajo. La gran mayoría han adoptado un lenguaje más estructurado a la hora de argumentar sus ideas en clase.”

En contraste con lo anterior, la permanencia de los estudiantes en el nivel 1 de la HDP para la temática de hábitos tróficos (ver tabla 9), se dio porque fue un tema que se trató en sesiones posteriores. Sin embargo, en los estudiantes 5 y 6 aparecieron nociones acerca de esta temática en sus producciones escritas.

Las actividades 6 y 7 del itinerario didáctico estuvieron enfocadas al conocimiento de las relaciones ecológicas que los tricópteros establecen con su ambiente biótico y abiótico. Sin embargo, la gran mayoría de estudiantes de la muestra, utilizaron concepciones emergentes relacionadas con el hábitat y los hábitos tróficos. En efecto, para abordar determinado tema, a los estudiantes les fue necesario retomar otros vistos en sesiones anteriores.

De igual manera 10 estudiantes se mantuvieron en el nivel 2 de la HDP con argumentos que mostraron relaciones sencillas y claras acerca de la importancia del ambiente biótico y abiótico para los tricópteros. Además utilizaron palabras especializadas (Tricóptera, depredadores, algas, morfología, fotosíntesis, materia orgánica muerta, bacterias y hongos) para argumentar sus ideas acerca de la ecología de los Tricópteros.

Para estas actividades aparecieron una amplia gama de relaciones causales, como ejemplos claros de finalismos:

“Los depredadores comen carne y los herbívoros plantas” (Estudiante 3),

Y con ejemplos de interacción a nivel ecológico:

“Los tricópteros dependen de la luz de forma indirecta porque ellos comen plantas”
(Estudiante 4)

Pero la forma causal predominante siguió siendo la casualidad mecánica y lineal que va asociada a la noción de cadena alimenticia. Al respecto, los estudiantes en las argumentaciones de clase comparten la afirmación, referida a los posibles intercambios de energía entre los depredadores y las presas. Sin embargo, en el debate, también hay estudiantes (1 y 12) que se refieren a la interdependencia depredador-presa para la supervivencia de los tricópteros. Así por ejemplo, en la siguiente argumentación las relaciones que se estaban estableciendo eran sencillas pero se estaban teniendo en cuenta elementos del microcosmos que en las actividades anteriores no fueron mencionados:

“Otras sp se pueden alimentar de los tricópteros o pueden ser el alimento de ellos. Los consumidores de primer orden son plantas y algas. Los consumidores de

segundo orden son herbívoros o carnívoros mientras que los depredadores de depredadores son de tercer orden. Los descomponedores son hongos y transforman la materia orgánica muerta.” (Estudiante 12).

De igual manera al establecer relaciones entre los tricópteros y los componentes abióticos, el estudiante 1 afirmó:

“La luz le sirve a los tricópteros de manera indirecta ya que son las plantas a las que le sirve para alimentarse. En estos ecosistemas los animales, plantas y microorganismo interactúan.”

Los diez estudiantes (ver tabla 9 para la temática de relaciones ecológicas) mostraron un avance notable en la forma en que argumentaron sus respuestas no solo de forma oral sino también escrita. Así mismo, el avance en cada una de las sesiones de clase, permitió la apropiación de diferentes conceptos que se relacionaron de forma clara en las respuestas dadas por lo estudiantes.

Los estudiantes 2 y 8 para la actividad 6 alcanzaron el nivel 3 de acuerdo a la temática de hábitat. En concordancia con esto, el estudiante 2 relacionó el concepto de comunidad con la presencia de diferentes poblaciones de tricópteros de la siguiente manera:

“La comunidad es un conjunto de distintas sp que viven en un ecosistema determinado por una o más características que se parecen. La comunidad acuática tiene muchas sp distintas pero un ejemplo de ellas es que el pez linterna y los tricópteros son distintos ya que el pez linterna es un pez y los tricópteros son insectos. Pero viven en comunidad ya que su característica es que viven en el agua.”

Mientras que el estudiante 8 complementa la información afirmando que:

“El agua es una fuente de oxígeno y de nutrientes. Los nutrientes brindan la energía para poder vivir y crecer. Algunos de ellos pueden ser su presas o sus depredadores.”

En términos generales, hasta la actividad 6 se caracterizaron los dos modelos que los estudiantes plantearon desde el principio de la unidad didáctica: un modelo aditivo en el que se añaden elementos y se buscan posibles relaciones entre ellos y un modelo sistémico dinámico en el que las relaciones dejaron de ser lineales para volverse causales y multifactoriales.

Sin embargo, en la actividad 7 donde se construyeron y analizaron los juegos de simulación de redes alimentarias y relaciones ecológicas (ver figuras 3, 4, 5 y 6) se hicieron notorios los siguientes aspectos:

- Los elementos que son propios del microcosmos como lo son los hongos y las bacterias (descomponedores) parecen aislados de las interacciones del ecosistema. Por lo tanto, no se relacionan estas poblaciones con los procesos

de descomposición de la materia orgánica muerta ni en el reintegro de nutrientes al sistema.

En contraste, los juegos de simulación de los estudiantes 2, 3, 5 y 11 (ver tabla 9 y anexo 10.7) mostraron un mayor avance en la hipótesis de progresión. Sin embargo, los descomponedores aparecen de forma poco significativa en la interacción directa o indirecta con los tricópteros (ver figuras 3, 4, 5 y 6).

En la mayoría de juegos de simulación estas poblaciones se mostraron aisladas del sistema, no se relacionaron con la muerte de otros individuos y fueron consideradas de poco valor ecológico.

Dificultades similares fueron encontradas por autores consultados (García, 1994 y 1995; Porlán 1998) debido a que estos son elementos que no son evidentes para los estudiantes a pesar de la instrucción previa.

- Se mantuvo para esta actividad la ley del todo o nada en la que en la ausencia de uno de los elementos constitutivos del ecosistema, podrían acarear la desaparición del mismo. Por lo tanto si determinado individuo no encuentra su alimento está destinado a desaparecer. Según esto, no se piensa en la recursividad del sistema o en las formas alternativas de subsistencia que son típicas en la tendencia al equilibrio en los sistemas naturales.
- Las relaciones que establecieron los estudiantes se caracterizaron por ser lineales y no de forma sistémica. A pesar de algunos intentos de establecer relaciones en forma de red entre los tricópteros y los componentes abióticos y bióticos del sistema, los estudiantes terminaron por ubicar depredadores como si fueran herbívoros y viceversa. Además, se mantuvo una visión lineal de las interacciones ecológicas.

El sol como una de las principales fuentes de energía se relacionó solo con las poblaciones de grandes plantas y no con las algas. Además, las poblaciones de heterótrofos fueron consideradas como autótrofos al relacionarlos directamente con el sol.

- La acción humana fue asumida como un elemento que no tiene ninguna relación con el ecosistema. Por esto, algunos juegos de simulación mostraron al hombre como un componente relacionado únicamente con actividades de contaminación. En contraste, en otros juegos de simulación el hombre es mostrado como un componente aislado del sistema.

Desde este punto de vista, al hombre se le atribuyeron cualidades de depredador ya que las flechas de relación lo involucraron como *otro* animal consumidor. Además de no hacer mención a actividades antrópicas que de forma indirecta afectan las poblaciones de tricópteros.

Las cuatro dificultades evidenciadas en esta actividad mostraron que a pesar de manejar determinados conceptos abordados en las sesiones anteriores, en el momento de establecer relaciones, los estudiantes se mostraban confundidos. Sin embargo, procuraron utilizar conceptos aprendidos en clase, argumentaron el porqué de sus ideas y establecieron comparaciones con los juegos de simulación de sus compañeros. Esto, permitió que a pesar de las dificultades presentadas, los estudiantes tuvieran una visión más amplia de la dinámica de los tricópteros con su ambiente.

Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran los juegos de simulación de los estudiantes que mostraron un mayor avance en la HDP debido principalmente a los siguientes aspectos:

- Cada especie puede comer más de una cosa diferente, es decir, la cadena alimenticia no es una cadena lineal, sino que tiene ramificaciones y por lo tanto es considerada como una red.
- Las relaciones ecológicas no se reducen sólo a los hábitos tróficos evidentes, sino que hay una gran diversidad de relaciones que hacen parte del microcosmos y por lo tanto son importantes en la dinámica del ecosistema.
- Las relaciones ecológicas no tienen que ser “destructivas”, pues también los seres conviven y se ayudan sin perjudicarse e incluso, el prejuicio aparente también puede ser beneficioso a largo plazo. Ejemplo de esto es el hecho de asumir la depredación como una forma de regulación de las poblaciones no solo de tricópteros sino de otras especies.

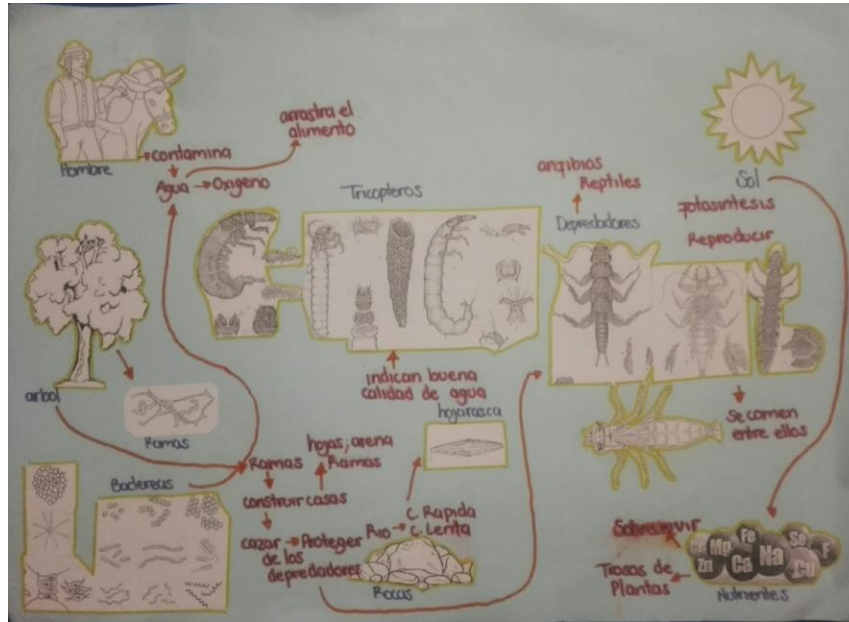


Imagen 5: Juego de simulación estudiante 5

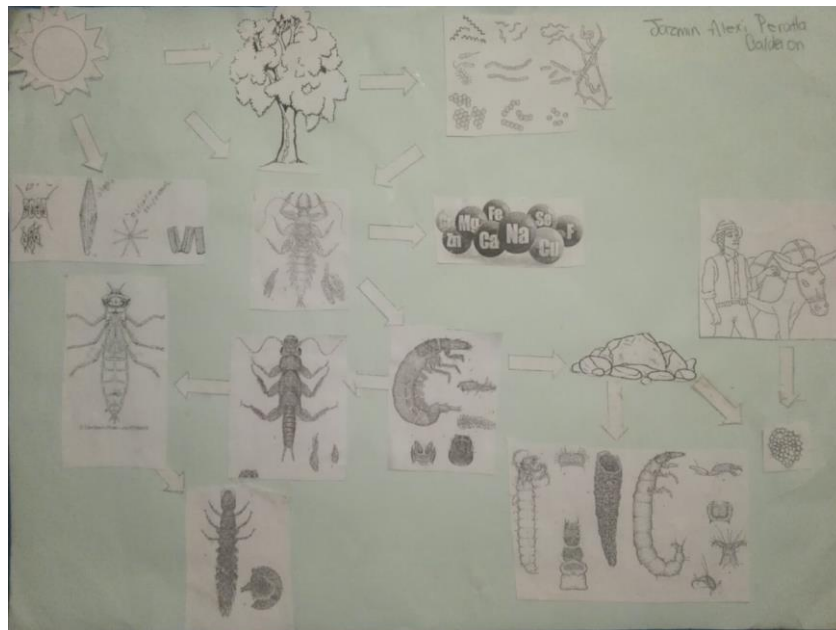


Imagen 6: Juego de simulación estudiante 11

En contraste con lo anterior, los juegos de simulación de los estudiantes 6, 8 y 12 evidenciaron el poco avance en la hipótesis de progresión para la actividad 7 (imágenes 6, 7 y 8). Particularmente en estos juegos de simulación, se presentó confusión con relación a los modelos en red y cadena. Estos estudiantes tuvieron problemas para representar lo que es una interacción ecológica, en la que participen más de dos elementos tróficos de forma simultánea. García (1994 y

1995) denominó esto *relaciones directas y absolutas* donde la dependencia de los componentes tróficos del ecosistema son de tipo únicamente binario. Desde este punto de vista y de acuerdo al autor mencionado, los estudiantes en estos juegos de simulación asumieron que la desaparición de uno de los componentes del ecosistema, significa la desaparición de todas la demás especies. Esto corresponde con una visión del *todo o nada* para las relaciones ecológicas en los ecosistemas y particularmente para las poblaciones de tricópteros.

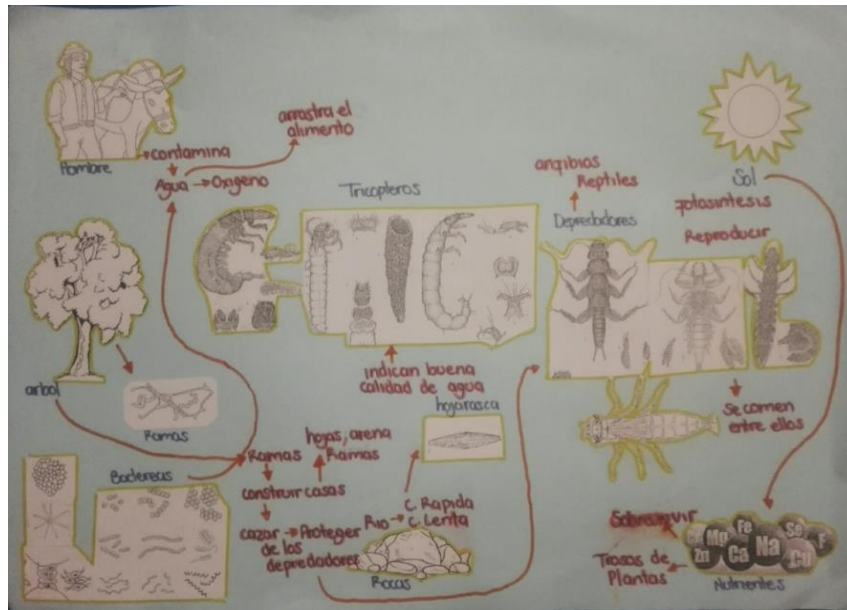


Imagen 6 : Juego de simulación estudiante 6

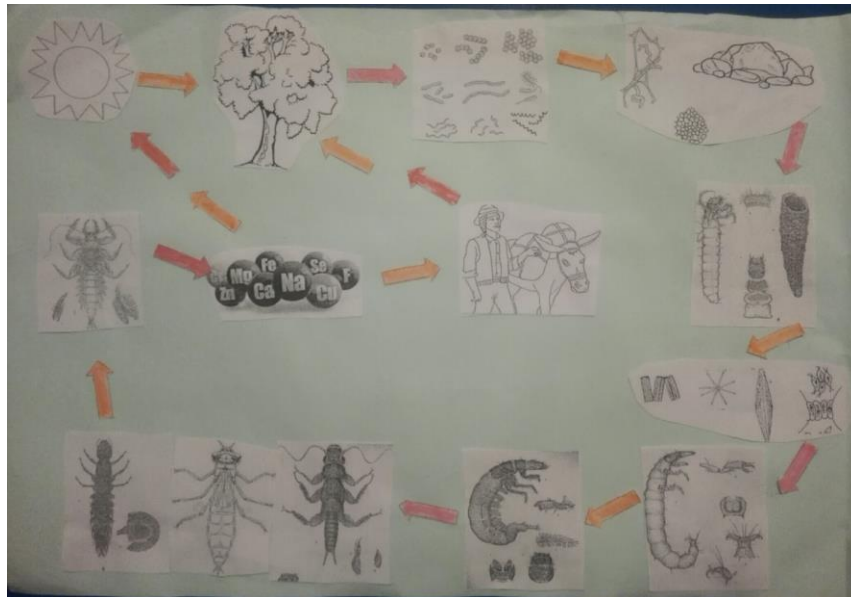


Imagen 7: Juego de simulación estudiante 8

humanas que no están relacionadas directamente con las poblaciones de tricópteros pero que hacen parte de la dinámica de los ecosistemas acuáticos (ver tabla 9 para la temática de relaciones ecológicas y acción antrópica). Para citar un ejemplo:

“La ganadería está afectando a los tricópteros de la siguiente manera: arrojan basura a los ríos, arrojan petróleo al mar, de esta manera los tricópteros y otros insectos se están extinguiendo de los ríos y mares.” (Estudiante 1)

“...el cemento de las construcciones contaminan y matan a los organismos y los tricópteros que viven en los ríos y pueda que utilicen elementos tóxicos y quién beba de ella se intoxique o muera.” (Estudiante 2)

Con respecto a la influencia de actividades humanas de forma indirecta, el estudiante 12 relacionó estos factores de la siguiente manera:

“...la construcción de presas produce erosión, movimiento de la tierra, alteraciones en el caudal del agua, mientras que la construcción de carreteras produce pérdida de la capa vegetal, erosión y sedimentos de ríos y lagos, degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales. Interfiere con la movilización de animales y contamina el aire.”

Por otro lado, las campañas publicitarias contruidas por los estudiantes en la actividad 8 (ver anexo 10.8) mostraron de forma generalizada los siguientes aspectos:

- Una mentalidad de conservación hacia los recursos acuáticos del país. Esto, principalmente por el cuidado del hábitat de las poblaciones de tricópteros y las zonas aledañas como los árboles, las riberas y otras especies de animales. Además, dentro de estas campañas publicitarias se hizo evidente la influencia de las actividades humanas ya que los doce estudiantes mostraron que la responsabilidad de la desaparición de las poblaciones de peces, algas y tricópteros en los ecosistemas acuáticos estaba relacionada en parte por las actividades humanas.
- La desaparición del hábitat de los tricópteros como una consecuencia de actividades como el arrojar basuras en los ríos, la pesca ilegal, la destrucción de las zonas aledañas a los sistemas acuáticos y la construcción urbanística. Al respecto, el estudiante 8 afirmó:

“No a la ganadería, a las vías de transporte, ni a la tala de árboles porque los tricópteros viven en estos lugares y en estos ecosistemas... todos nosotros cuidemos a los tricópteros y a otras especies.”

El estudiante 6 en esta misma actividad expresó lo siguiente:

“Dí no a la pérdida del hábitat. Cuida los ecosistemas acuáticos. Prevengamos la extinción de las especies.”

- Es claro que no solo aparecieron nociones de tipo conceptual en los estudiantes sino también actitudinales. En este sentido se vincularon aspectos éticos como el lugar del hombre en el planeta, la responsabilidad de las acciones humanas en el cuidado del ambiente y la especie humana como parte activa de los ecosistemas. Al respecto el estudiante tres afirmó:

“No destruyas el hábitat de las especies acuáticas. No deben sacarse del agua, solo contempla y admira su belleza. No arrojes desperdicios ni botellas plásticas en los hábitas acuáticos.”

Este tipo de relaciones que los estudiantes establecieron entre las nociones y las actitudes son evidencias iniciales de un conocimiento escolar deseable en el que no solo se tienen en cuenta aspectos de tipo disciplinar sino a la vez procedimentales y actitudinales.

- Además de lo anterior, los estudiantes dieron a conocer sus campañas publicitarias en las que el aspecto de mayor relevancia fue la protección del hábitat de los tricópteros. Fue una jornada en la que los estudiantes mostraron, la importancia de valorar los sistemas acuáticos de Colombia debido a que en estos habitan especies que aunque no son visibles de forma inmediata, hacen parte de la dinámica del ecosistema.

Con el fin de realizar una retroalimentación de las temáticas vistas a lo largo del periodo académico, los estudiantes realizaron mapas conceptuales sobre lo aprendido acerca de los tricópteros.

En consecuencia, la acción antrópica siguió siendo una de las temáticas en la que los estudiantes presentaron mayor dificultad a la hora de establecer relaciones sistémicas. Por lo tanto, la vinculación de las actividades humanas en los mapas conceptuales no apareció como un elemento fundamental en la dinámica de los ecosistemas acuáticos y de las poblaciones de tricópteros.

Lo anterior se produjo, aún cuando en las actividades anteriores, los estudiantes argumentaron relaciones indirectas de las actividades humanas sobre las poblaciones de los ríos. El elemento humano se consideró aún un factor aislado de la naturaleza por lo que en los mapas conceptuales se hizo referencia a otras temáticas que para los estudiantes parecieron más importantes de abordar como adaptación, relaciones ecológicas, hábitat y hábitos tróficos .

7.2. La hipótesis de progresión como instrumento de seguimiento del aprendizaje de los estudiantes

La tabla 10 muestra las frecuencias en las que los estudiantes se ubicaron en los niveles de la HDP para cada una de las temáticas desarrolladas. Para esto se tuvieron en cuenta todas las actividades que se hicieron durante el itinerario didáctico y los temas específicos que se abordaron en cada una de las sesiones

de clase y de trabajo individual. De igual manera, esta tabla de frecuencias permitió determinar el aprendizaje durante todo el itinerario.

Estudiante	Hábitat	Adaptación	Relaciones	Hábitos	Acción	Nivel de
1	3	0	4	6	3	1
	4	4	3	0	1	2
	0	0	0	0	0	3
2	1	0	2	3	1	1
	2	1	4	1	4	2
	3	3	2	2	0	3
3	1	0	1	3	3	1
	2	2	5	2	1	2
	2	2	1	1	0	3
4	2	2	4	5	2	1
	3	2	2	1	2	2
	1	0	1	0	0	3
5	2	1	2	2	1	1
	4	3	2	2	1	2
	1	0	3	2	2	3
6	2	0	2	3	3	1
	3	2	4	2	1	2
	1	2	1	1	0	3
7	3	1	5	6	4	1
	3	3	2	0	0	2
	0	0	0	0	0	3
8	1	0	3	5	3	1
	4	4	4	1	1	2
	1	0	0	0	0	3
9	2	0	3	5	2	1
	4	4	4	1	2	2
	0	0	0	0	0	3
10	2	1	6	6	3	1
	4	3	1	0	1	2
	0	0	0	0	0	3
11	2	0	2	4	2	1
	3	3	3	2	1	2
	2	1	2	0	1	3
12	1	0	3	5	2	1
	5	4	4	1	1	2
	0	0	0	0	1	3

Tabla 10: frecuencias por estudiante para cada uno de los temas según la hipótesis de progresión.

De acuerdo a los datos suministrados en la tabla 10, se estableció el porcentaje en el que los estudiantes se mantuvieron en cada uno de los niveles de la hipótesis de progresión.

La tabla 11 muestra que ocho estudiantes de la muestra (2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 y 12) presentaron mayor porcentaje acumulado en el nivel 2 y 3 de la HDP. En consecuencia, esto equivale a un 75% del total de los estudiantes que hicieron parte del itinerario planteado.

De acuerdo con lo anterior, algunas de las evidencias del aprendizaje en los estudiantes fueron las siguientes:

- La utilización de un lenguaje propio de las ciencias naturales de acuerdo a las temáticas que se estaban abordando. Para los estudiantes palabras como Tricóptera, hábitat, coreotopo, fotosíntesis, relaciones ecológicas, hábitos tróficos, depredación, insectos, morfología, adaptación, refugios, y partes anatómicas como patas, agallas, uñas y mandíbulas se mencionaban como parte de la argumentación cotidiana en las clases de ciencias.
- Las temáticas que mostraron una mayor cantidad de relaciones sistémicas fueron las de adaptación morfológica, hábitat, relaciones ecológicas y hábitos tróficos. Esto, porque a lo largo de las actividades propuestas se evidenció cómo se vinculaban aspectos morfológicos con la adaptación y con las formas en que los tricópteros obtienen su alimento. Además, se relacionaron otros aspectos poco evidentes al inicio del itinerario como la luz solar, el aumento del caudal, las poblaciones de algas y de otros insectos, con las actividades propias de las poblaciones de tricópteros como la caza, la limpieza de las rocas por parte de los barrenadores y la filtración de hojarasca para la obtención de nutrientes.
- Finalmente, fue notorio en los estudiantes la forma en que compartieron las ideas aprendidas a lo largo del proceso, argumentando acerca de los tricópteros con los demás compañeros de clase. Para este día se registro en el diario del profesor:

“Los estudiantes utilizan un lenguaje propio de las Ciencias Naturales, que muestra su avance conceptual desde una mentalidad simple hacia una compleja. Aunque aún se evidencian algunas dificultades, sobretudo por vincular al hombre en las dinámicas del ecosistema, la forma en que argumentan de forma personal y cómo entre ellos mismos se corrigen y debaten es realmente gratificante”

En contraste con lo mencionado anteriormente, un 25% de los estudiantes (1, 4, 7 y 10) se mantuvieron en el nivel 1 de la hipótesis de progresión (ver tabla 11). Resultados similares encontraron autores como Porlán, 1994, 1996 1998, 2010; García, 1994, y 1995; Bermúdez y De longhi 2006 y Martínez, 2014; en los que determinados grupos de estudiantes tienden a volver a las ideas iniciales y a mantenerse en ellas de forma permanente. Algunas evidencias de la permanencia en este nivel en la hipótesis de progresión fueron:

- La poca utilización de conceptos de las Ciencias Naturales que pudieran haber dado cuenta de las temáticas de estudio.
- Las relaciones que estos estudiantes establecieron entre las temáticas propuestas se caracterizaron por su poco grado de complejidad, causalidad y carencia de argumentación individual y grupal.

- Los elementos constitutivos del ambiente de los tricópteros fueron determinados de forma aislada. Además, aunque los estudiantes en cuestión buscaron establecer vínculos entre la temáticas y los tricópteros, se presentaron dificultades por la tendencia a volver a las ideas previas.

	Frecuencias para la HDP	Porcentajes para cada nivel de la HDP	Nivel de HDP
1	16	57,14%	1
	12	42,86%	2
	0	0%	3
2	7	24,13%	1
	12	41,37%	2
	10	34,5%	3
3	8	30,76%	1
	12	46,15%	2
	6	26,08%	3
4	15	55,55%	1
	10	37,03%	2
	2	7,42%	3
5	2	28,57%	1
	4	57,14%	2
	1	14,29%	3
6	10	37,03%	1
	12	44,44%	2
	5	18,53%	3
7	19	70,37%	1
	8	29,63%	2
	0	0%	3
8	12	44,44%	1
	14	51,85%	2
	1	3,70%	3
9	12	44,44%	1
	15	55,55%	2
	0	0%	3
10	18	66,66%	1
	9	33,34%	2
	0	0%	3
11	10	34,48%	1
	13	44,82%	2
	6	20,7%	3
12	11	40,74%	1
	15	55,55%	2
	1	3,70%	3

Tabla 11: Porcentaje general de frecuencias de los temas en la hipótesis de progresión para cada estudiante.

7.3. Análisis a nivel grupal

La tabla 12 muestra los porcentajes de cada uno de los estudiantes y del grupo en general para los diferentes niveles de la HDP. Por lo anterior un 55,98% de los estudiantes estuvieron entre el nivel 2 y tres de la hipótesis de progresión y un 44,52% en el nivel 1.

Aunque los resultados entre el nivel 1 y el 2 y 3 de la HDP se muestran relativamente constantes, también es evidente que los estudiantes a lo largo del proceso mostraron un cambio permanente en la forma en que aprendieron acerca de los tricópteros de acuerdo a los temas vistos. También es importante aclarar que gran parte del porcentaje del nivel 1 está relacionado con las actividades que se desarrollaron al principio del itinerario ya que la mayoría de los estudiantes se encontraban en actividades exploratorias y de comprensión de las temáticas y su relación con los tricópteros.

Aunque se tuvieron en cuenta determinados temas a la hora de la realización de cada una de las actividades, emergieron en los estudiantes una serie de respuestas que permitieron evaluar a la vez otras temáticas que aún no se habían tratado. Un ejemplo de esto es que en la actividad número tres en la que se pretendían abordar la temática de hábitat, los estudiantes mostraron avance en temas que se trataron anterior o después al desarrollo de la misma tales como relaciones ecológicas, hábitos tróficos y adaptación morfológica.

Cuando los estudiantes describieron las estructuras anatómicas, las relaciones ecológicas, los hábitos tróficos y la acción antrópica, no todos los elementos, relaciones y funciones se reconocieron en igual medida pues le concedieron más relevancia a los más familiares y cercanos a su conocimiento cotidiano o a lo que recordaban de en años anteriores con relación a ciencias naturales.

Al comenzar el itinerario, no se apreciaron, la gran diversidad de elementos y relaciones existentes entre las temáticas vistas y los tricópteros. Sin embargo, a lo largo del desarrollo de las actividades programadas, se dio una evolución en la manera en que los estudiantes se aproximaron a las tricópteros con relaciones complejas y sistémicas al nivel esperado para grado sexto.

En resumen, en las primeras actividades los estudiantes manifestaron una aproximación a las temáticas de forma similar a la encontrada en los autores consultados (Cañal y Porlán, 1987; García y Rivero, 1993; García, 1994; Martín, 1994; Ángel y De Longhi, 2006; Brero y Prieto, 2002; Valbuena, 2007 y Martínez y Reyes, 2014) pero hacia el final del itinerario predominaron el nivel 2 y 3 de la hipótesis de progresión.

En esta evolución hubo dificultades que no se podrían considerar auténticos obstáculos epistemológicos sino elementos importantes para tener en cuenta como parte de las ideas previas de los estudiantes. Dentro de estos se encontraron la tendencia a dar más relevancia a los animales de mayor tamaño o las relaciones tróficas donde el depredador es el más importante, el considerar que hay seres superiores e inferiores y la confusión entre las relaciones ecológicas de los seres microscópicos y los pertenecientes al mesocosmos.

Se esperaría que con una mayor cantidad de tiempo para desarrollar los itinerarios didácticos, los porcentajes acumulados entre el nivel 2 y 3 de la hipótesis de

progresión aumenten de forma considerable. No obstante, este proceso debe realizarse de forma permanente y no supeditarse a un periodo específico de tiempo.

Si se quiere tener una estimación más acertada de cómo es el aprendizaje de los estudiantes y, sobre todo, del nivel de complejidad de sus concepciones, resulta imprescindible no atenerse a una única fuente de información, dada la fuerte dependencia de las respuestas de factores como el contexto, la tarea o la dinámica previa desarrollada en el aula. También implica que cualquier afirmación que se realice debe ser considerada como una mera aproximación a una realidad compleja que no se puede reducir a relaciones de causa-efecto. Reflexiones similares fueron encontradas por Cañal y Porlán (1987); García y Rivero (1993) y García (1994) al realizar seguimiento al aprendizaje de estudiantes de secundaria utilizando como herramienta las hipótesis de progresión.

Por lo anterior el énfasis debería estar más enfocado al trabajo de forma individual, debido a que de los resultados aportados en la tabla 12 se podrían deducir que en muchos casos el trabajo en grupo no supone un avance efectivo respecto al trabajo de cada estudiante o al debate en clase. Así mismo, es claro que los ritmos de aprendizaje de los estudiantes que hicieron parte de esta investigación no son los mismos. Mientras que para algunos establecer vínculos entre las temáticas y los tricópteros resultó de gran facilidad, otros mostraron dificultades que se fueron superando con la instrucción.

De acuerdo a las temáticas abordadas en el itinerario didáctico y las posibles relaciones que se buscaron establecer con los individuos del Orden Tricóptera, los beneficios que tuvo la utilización de este grupo de macroinvertebrados fueron los siguientes:

- Aunque al comienzo de las actividades escolares se presentó cierta dificultad para relacionar las poblaciones de tricópteros con los temas vistos en las sesiones de clase, con el tiempo los estudiantes comprendieron las dinámicas ecológicas que hacen parte de estos macroinvertebrados y las asociaron de forma directa e indirecta con los contenidos en cuestión.
- Los estudiantes asociaron las estructuras anatómicas de los Tricópteros con sus adaptaciones al ambiente. El interés por los tricópteros y las temáticas abordadas fue evidente en las consultas de tipo bibliográfico que hicieron de forma individual, las caracterizaciones anatómicas de acuerdo a los hábitats y las intervenciones en las sesiones de clase.
- Los estudiantes durante todo el itinerario argumentaron hipótesis acerca de los tricópteros que sirvieron como herramienta para confrontar las ideas previas con las que estaban aprendiendo. En cada una de las sesiones y trabajo de laboratorio, se hizo evidente la construcción de nuevos conocimientos que se

enriquecían en la medida en que se profundizaba más en las temáticas y su relación con las poblaciones del Orden Tricóptera.

- Se evidenció un progreso en la utilización de conceptos de las ciencias Naturales relacionados con los tricópteros (penachos, segmentos torácicos, mandíbulas, musgo, hojarasca, refugios portables, piedra corriente lenta y rápida, hongos, bacterias, hembras, factores bióticos y abióticos) que sirvieron para que los estudiantes argumentaran y defendieran sus ideas en los debates grupales.

El trabajo de forma individual significó un avance importante ya que a partir de las temáticas desarrolladas, cada estudiante construyó un diagrama donde vincularon lo aprendido durante el proceso en forma de redes complejas y no simplemente como temas aislados entre sí.

De igual forma, las perspectivas de investigación en la escuela citadas por autores como Cañal y Porlán, 1987; García y Rivero, 1993; García, 1994; Martín, 1994; Ángel y De Longhi, 2006; Brero y Prieto, 2002; Valbuena, 2007 y Martínez y Reyes, 2014 (complejidad, constructivismo y teoría crítica) ofrecen un marco epistemológico idóneo para conectar los fines de la enseñanza-aprendizaje, propios de las Ciencias Naturales, con el conocimiento que los estudiantes construyen acerca de determinado tema y la forma como se le puede dar seguimiento al aprendizaje de los mismos.

Estudiantes													promedio de porcentajes
Nivel HDP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	57,14%	24,13%	30,76%	55,55%	28,57%	37,03%	70,37%	44,44%	44,44%	66,66%	34,48%	40,74%	44,52%
2	42,86%	41,37%	46,15%	37,03%	57,14%	44,44%	29,63%	51,85%	55,55%	33,34%	44,82%	55,55%	44,97%
3	0%	34,50%	23,09%	7,42%	14,29%	18,53%	0%	3,70%	0%	0%	20,70%	3,70%	10,51%

Tabla 12: Porcentaje general y por estudiante para cada uno de los niveles de la hipótesis de progresión.

8. CONCLUSIONES

A continuación se mencionan las conclusiones que se obtuvieron para esta tesis:

- La construcción de la hipótesis de progresión permitió evaluar el aprendizaje de las temáticas propuestas de los estudiantes desde un pensamiento simple hacia uno complejo. Por lo tanto, esta herramienta se consolidó en un insumo importante a la hora de hacer seguimiento a la manera en que los estudiantes comprendieron y relacionaron las temáticas entre sí. Además, la HDP permitió tomar elementos propios de la práctica del profesor que facilitaron proponer, ejecutar y evaluar seguimientos alternativos de enseñanza-aprendizaje de acuerdo al conocimiento deseable esperado en los estudiantes.
- La concordancia que hubo entre la secuenciación de los contenidos y las actividades desarrolladas para hacer seguimiento al aprendizaje de los estudiantes fue pertinente para esta investigación. Desde este punto de vista, la implementación de conceptos básicos relacionados con los tricópteros fue de gran importancia para que los estudiantes dejaran la forma lineal y poco causal de pensar para tomar posturas más críticas, relacionales y sistémicas.
- La mayor resistencia encontrada a la hora de hacer seguimiento al aprendizaje de los estudiantes se relacionó principalmente con la tendencia a volver a las ideas lineales y no relacionales acerca de los temas abordados. Sin embargo, tras la instrucción y el desarrollo de las actividades propuestas, los estudiantes progresaron en la medida que tomaron sus ideas previas y las confrontaron con las nuevas, con el fin de enriquecer su conocimiento acerca de los tricópteros.
- A lo largo de la investigación fue evidente la dificultad por parte de los estudiantes de reconocer elementos propios del microcosmos tales como los hongos, las bacterias, las algas y poblaciones de insectos. En contraste, los elementos cercanos e inmediatos a su realidad (mesocosmos) tales como el hábitat, el agua, las rocas y otras poblaciones de plantas y animales, fueron permanentemente utilizadas en la construcción de aprendizaje que los estudiantes realizaron desde las temáticas de biología escolar propuestas. Las relaciones posibles entre el microcosmos y el mesocosmos fueron el mayor obstáculo que tuvieron los estudiantes sobre todo por la dificultad para establecer cuáles eran los elementos vinculantes entre ellos.
- La acción humana, que es un elemento del meso y macrocosmos, fue considerada como un elemento aislado de las dinámicas ecológicas de los tricópteros con su ambiente. En la gran mayoría de actividades realizadas ésta no fue tomada en cuenta como un factor influyente en los ecosistemas acuáticos. Esto correspondió con una visión antropocéntrica de la naturaleza, en la que la acción humana es asumida como única dentro de todas las especies del planeta sin afectar a otros seres vivos. Fue necesaria la instrucción en este tema hacia el final del itinerario, para que los estudiantes comprendieran la influencia de las actividades humanas sobre los tricópteros.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Adey, P. (1997). Dimensions of progression in a curriculum. *The Curriculum Journal*, 8(3), 367-391.
- Aguilera, Z. (2014). *Diagnóstico de la calidad ecológica del agua en un sector del río Curubital Cundinamarca (cuenca media y baja) mediante la caracterización de macroinvertebrados acuáticos*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Amat, G; Andrade, C y Fernández, F. (1999). Insectos de Colombia. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales.
- Ángel, G y De Longhi, A. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes en ecología. Cátedras de Didáctica General y Especial, Departamento de Enseñanza, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Astolfi, J y Drouin, A. (1986). Milieu. *Aster*, 3, 73-110.
- Astolfi, J. (1987). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, (6), 147-155.
- Azcarate, P; Del Pozo, R; Toscano, J; Porlán, R; Rivero, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos. *Investigación en el aula*, 29.
- Barker, S. y Slingsby, D. (1998). From nature table to niche: curriculum progression in ecological concepts. *International Journal of Science Education*, 20(4), 479-486.
- Barman, C; Griffiths, A. y Okebuloka, P. (1995). High school students' concepts regarding food chains and food webs: a multinational study. *International Journal of Science Education*, 17(6), 775-782.
- Barnett, J y Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know. *Science Education*, 85 (4), 426-453.
- Bernal, L. (2007). *Elaboración de una guía ilustrada para la determinación de larvas y adultos del Orden Tricóptera en el sistema caño seco en el municipio de Restrepo-Meta*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Berstein, B. (1993). *La estructura del discurso pedagógico*. Madrid: Morata-Paideia.
- Bertalanffy, L; y Almela, J. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.
- Black, P y Simón, S. (1992). Progression in learning science. *Research in Science Education*, (22), 45-54.

- Blanco, A; Brero, P y Prieto, T. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (1), 3-14.
- Booth, P. (1979). The teaching of ecology in school. *Journal of biological education*, 13 (4), 261-266.
- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 19-29.
- Bonada, N; Sainz, M y Zamora, C. (2015). Orden Tricóptera. *Ide*, (64), 1-21.
- Burgos, A. (2002). *Tricóptera del altiplano de Bogotá y su relación con la calidad del agua*. Tesis de grado universidad Nacional de Colombia.
- Caamaño, A. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de Ciencias experimentales. Un análisis de los proyectos extranjeros. *Alambique*, (1), 8-21.
- Cañal, P. (1994). Los ámbitos de investigación como organizadores del conocimiento escolar en la propuesta curricular investigando nuestro mundo. *Investigación en la escuela* (23), 87-94.
- Cañal, P y Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (2), 89-96.
- Coll, C; Pozo, J; Sarabia, B; Vall, E. Coll, C; Pozo, J; Sarabia, B y Vall, (1992). *Los contenidos en la reforma*. Madrid: Santillana.
- Coll, C y Solle, I. (1987). La importancia de los contenidos en la enseñanza. *Investigación en la escuela*, 3, 19-27.
- Cummins, K Y Merrit, R. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall. Michigan.
- De Longhi, A. (2005). Propuestas para un proceso de formación continua de docentes innovadores en educación en ciencias. En: De Longhi, A.L.; Ferreyra, A.; Paz, A.; Bermúdez, G.; Solís, M; Vaudagna, E. y Cortez, M. Estrategias de enseñanza de Ciencias Naturales en el nivel medio. (9-24). Córdoba. Universitas.
- Del Carmen, L. (1988). *Investigación del medio y aprendizaje*. Barcelona: Graó.
- Develay, M y Vogel, G. (1988). Populations. *Aster*, 3, 19-72.
- Delgado, N y López, J. (2012). La enseñanza de conceptos estructurantes de la ecología en el aula ambiental parque ecológico distrital humedal santa María del lago. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Díaz, A. (2007). Estructuración del Orden de inmaduros de Tricóptera de la colección de insectos acuáticos en la universidad pedagógica nacional

- Domínguez, E y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos suramericanos: sistemática y Biología. Tucumán. Argentina.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.
- Driver, R; Squires, A; Rushworth, P y Woodrobinson, V. (1994). Making sense of secondary science. Research into children's ideas. Londres: Routledge.
- Duarte, c y Hincapié, M. (2008). *Composición y distribución de la comunidad de Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera de la quebrada Guance del municipio de pacho, Cundinamarca*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Flint, O. (1998). Studies of Neotropical caddisflies: a taxonomic revisión of the subgenus Curgia of the genus Chimarra- Trichóptera: Philopotamidae. Smithsonian Institute. Washington.
- Flórez, L y Pérez, J. (2013). *Aproximación a la determinación de la calidad ecológica en un sector del rio junnin (junnin-cundinamarca) mediante la entomofauna acuática*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Giordan, A y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Diada
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher. Theacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College, Columbia University.
- García, F, y Rivero, G. (1993). Dificultades y obstáculos en la construcción del conocimiento escolar en una hipótesis de progresión de lo simple a lo complejo. Reflexiones desde el ámbito del medio urbano. Departamento de didáctica de las ciencias. Facultad de ciencias de la educación. Sevilla.
- García, J. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la escuela*, 23, 23-76.
- García, J. (1995). Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología. El concepto de ecosistema en la educación secundaria. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- García, J. (1995a). La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar. *Investigación en la escuela*, (27), 7-20.
- García, J. (1996). Las ideas de los alumnos. *Cuadernos de pedagogía*, (276), 58-64.
- García, J. (1998). Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares. Sevilla. Diada.
- Gasca, J; y Torres, D. (2005). Conservación de la biodiversidad en Colombia, una reflexión para una meta: conocer y educar para conservar. *Cuadernos de biodiversidad* (42), 31-37.

- Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la escuela*, 23, 17-32.
- Gil, P.; Gavidia, C; Sanmartí, P; Caamaño, R; Albadejo, M, C.; Jiménez, A; Barral, F y Otero G. (1993). Propuestas de secuencia. Ciencias de la naturaleza. Madrid. Editorial Escuela Española.
- Gil, P; Carrascosa, J y Martínez, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista de Educación y Pedagogía*, 11 (25), 13– 65.
- Gil, P; Carrascosa, J y Martínez, F. (2000). La didáctica de las ciencias. Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En: Perales, F; y Cañal, P. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil, 11-34.
- Giordan, A y Souchon, C. (1991). *Uno education pour environment*. Nice: Z editions.
- Griffiths, A y Grant, B. (1985). High school student understanding of food webs: identification of a learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of research in science teaching*, 25 (5), 421-436.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a «basic» particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Host, V. (1976). Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire IV. Initiation biologique. Paris: INRP.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago. Universidad de Chicago.
- Lisowski, M y Disinger, J. (1991). The effect of field-based instructions on student understanding of ecological concepts. *The journal of environmental education*, 23 (1), 19-23.
- Luque, A; Ortega, R y Cubero, R. (1994). Concepciones constructivistas y práctica escolar. *II seminario sobre constructivismo y educación*. Tenerife, diciembre.
- Martín, J y Porlán, R. (1994). El diario del profesor: un recurso para la investigación en el aula. *Investigación y enseñanza*, (6), 71.
- Martín, J y Porlán, R. (1994b). El saber práctico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la escuela*, (24), 49-58.
- Martín, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.
- Martínez, C y Reyes, J. (2014). Una Hipótesis de Progresión sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico.

Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar, 179-199.

Medellín, F y Rincón, M. (2004). Tricóptera del santuario de Iguaque (Boyacá-Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista colombiana de entomología*, (30), 197-203.

Mena, R. (2009). *Formas inmaduras del Orden Tricóptera en los pisos térmicos cálido, templado y frío en los departamentos de Cundinamarca y Tolima*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.

Millar, R; Gott, R; Lubben, F y Duggan, S. (1993). Children's performance of investigative tasks in science: a framework for considering progression. Documento presentado en Annual Meeting of the British Educational Research Association. Universidad de Liverpool, 10-13 de septiembre.

Moreno, M. (2007). *Estudio de la distribución espacio-temporal de la entomofauna acuática (inmaduros) de las quebradas Lindosa, Chanchiras y Cachera del parque nacional natural Los Guacharos (Huila- Colombia)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Mortimer, E. (1995). Conceptual change or a conceptual profile change? *Science and Education*, 4, 267-285.

Morin, E. (1980). *La methodé. II: La vie de la vie*. París: Editions du Seuil. (Trad. Cast. El método II La vida de la vida. Madrid. Cátedra, 1987).

Morin, E. (1991). *La methodé. IV: Les idées. Leur habitat, leur vie, leur moeurs, leur organisation*. París: Editions du Seuil. (Trad. Cast. El método IV: las ideas. Su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización. Madrid. Catedra, 1992)

Odum, E. (1971). *Ecología*. México: Interamericana.

Pérez, S y Romero, I. (2005). *Efemeróptera, Plecóptera y Tricóptera del Parque Natural Cueva de los Guácharos- Huila (Quebrada Cristales, Chánchiras y la Cascajosa)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional.

Porlán, R. (1987). El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la escuela*, (1), 63-69.

Porlán, R y López, J. (1993). Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. *Curriculum*, 6-7.

Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla. Diada

Porlán, R; Azcarat, P; Martín Del Pozo, R; Martín, J; Rivero, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores. *Investigación en la escuela* (29), 23-38.

- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, (16), 175-185.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.
- Porlán, R Y Martín, J. (1994). El saber practico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas. *Investigación en la escuela*, 24, 49-58.
- Porlán, R; Martín Del Pozo, R; Rivero, A; Harres, J; Azcarate, P; Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las ciencias*, 28, 31-46.
- Porlán, R; Martín Del Pozo, R; Rivero, A; Harres, J; Azcarate, P; Pizzato, M. (2011). El cambio del profesorado de ciencias II: itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las ciencias*, 29, 353-370.
- Posada, J. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Tricóptera en el nor-occidente de Colombia. *Caldacia* (25), 169-192.
- Pozo, J. (1994). *El cambio conceptual en el conocimiento físico y social: del desarrollo a la instrucción. Contexto y desarrollo social*. Madrid.
- Prieto, T; Watson, R. y Dillon, J. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.
- Rahayu, S y Tytler, R. (1999). Progression in Primary school childrens' conceptions of burning: toward an understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29 (3), 295-312.
- Rangel, O. (2005). La biodiversidad en Colombia. Facultad de ciencias humanas de la universidad nacional de Colombia, (5), 292-304.
- Rincón, M. (2002). Tricóptera del santuario de Iguaque, (Boyacá-Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista colombiana de entomología* (30), 197-203.
- Rodríguez, E y Urquijo, I. (2012). *Relaciones tróficas de los géneros más representativos de la entomofauna acuática de la quebrada quente (chipaque-cundinamarca)*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad pedagógica nacional.
- Robles, J. (2012). *Insectos como estrategia didáctica en la enseñanza de la ecología a través del comic*. Tesis de grado. Departamento de Biología. Universidad pedagógica nacional.
- Roldán, G. (1998). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la protección del medio ambiente. Universidad de Antioquia.
- Scott, H. (1992). Pathways in learning science: a case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter, en Duit, R., Goldberg, F. y Neidderer, H.

(eds.). Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies, Proceedings of an international workshop. Germany: IPN, University of Kiel.

Sánchez, J. (1990). The construction of biology lessons: a meta-paradigmatic approach. *The American Biology Teacher*, 53 (7), 410-416.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En: F. Perales y L. Cañal. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Colección Ciencias de la Educación. España: Editorial Marfil.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Serrano, L; Sprinker, M y Zepeda, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Salvador*. Monografía. Universidad del Salvador.

Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Traducción de Pablo Manzano. Madrid: Narcea.

Toulmin, S. (1972). *El conocimiento humano*. Mexico: Alianza.

Toulmin, S. (1973). *Human understanding*, Vol. I: The collective use and evolution of concepts.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467

Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

Varela, F. (1990). *Conocer. Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas*. Barcelona: Gedisa.

Watson, R. y Leach, J. (1996). Dissolving ideas. *Education in Chemistry*, 33(4), 101-102.

Watson, R; Prieto, T y Dillon, J. (1997). Consistency in pupils' explanations about combustion. *Science Education* 81(4), 425-443.

Wiggins, G. (1981). Considerations of the relevance of immature stages to the systematic of Trichoptera. *Tercer simposio de Trichoptera*, (20), 395-407.

10. ANEXOS

10.1 Actividad 1

Introducción a la biodiversidad colombiana

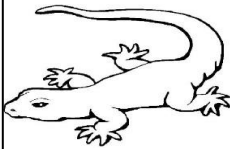
¿Qué es la biodiversidad?

La biodiversidad de nuestro país está representada por la gran variedad de especies animales y vegetales que habitan el territorio colombiano. Estas especies se encuentran distribuidas en muchos ecosistemas terrestres y acuáticos.

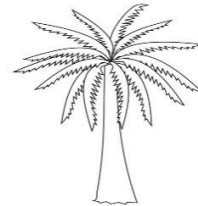
Colombia es uno de los 17 países con mayor biodiversidad del mundo, por lo cual es considerado un país megadiverso.

¿Sabes cuántas son las especies que hacen de nuestro país una potencia mundial en biodiversidad? Conoce algunos datos sobre las especies que existen en nuestro territorio.

En nuestros ecosistemas viven 733 especies de anfibios y 524 especies de reptiles.



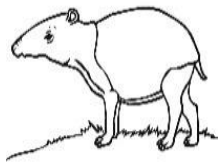
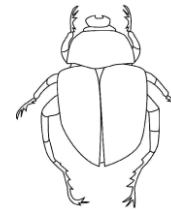
Ocupamos el segundo lugar en cantidad de plantas en el mundo, con 41000 especies. Entre ellas se



En nuestras aguas nadan 3400 especies de peces

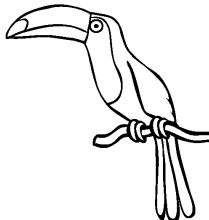


Poseemos aproximadamente 30000 especies de insectos, aunque aún faltan muchas especies más por conocer.



Contamos con 471 especies de animales mamíferos

Somos el país con mayor biodiversidad de especies de aves en el mundo: 1805



ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN

Responde las siguientes preguntas teniendo en cuenta la información dada al inicio de la guía.

1. ¿Qué es biodiversidad?

2. ¿Qué hace de Colombia un país megadiverso?

3. Elabora una lista de diez organismos que crees que representan la biodiversidad en Colombia.

1. _____	2. _____
3. _____	4. _____
5. _____	6. _____
7. _____	8. _____
9. _____	10. _____

4. ¿Qué factores afectan la biodiversidad en Colombia?



10.2. Actividad 2

Ecosistemas acuáticos colombianos

Colombia ocupa el séptimo lugar entre los países más ricos en fuentes hídricas. Veamos cuáles son y en dónde se encuentran nuestras principales fuentes de agua.

- **AGUAS OCEÁNICAS:** Son las aguas de los océanos Atlántico y pacífico y del Mar Caribe.
- **RÍOS:** Son corrientes de agua que bajan de las montañas y desembocan en los mares, las lagunas o en otros ríos. Algunos de los ríos más importantes son **el Magdalena, el Cauca, El Amazonas, el Caquetá, el Guaviare y el Atrato.**
- **CENTROS HÍDRICOS:** Son los lugares donde nacen los ríos. El centro hídrico más destacado es el **Macizo Colombiano**, conocido también como la “estrella Hídrica” de Colombia. También sobresalen el **Nudo de los pastos, el Nudo de Paramillo, El páramo de Sumapaz y la Sierra Nevada de Santa Marta.**
- **LAGUNAS:** Son los lugares donde el agua se deposita y almacena de manera natural. Las lagunas de la **Cocha y Guatavita** son algunos ejemplos.
- **EMBALSES Y REPRESAS:** Son depósitos de agua construidos por los seres humanos para utilizarlos en la generación de energía eléctrica. Algunos ejemplos son Anchicayá, Chinganza y Prado.
- **CIÉNAGAS:** Son depósitos pantanosos formados en la

desembocadura de los ríos, que acumulan el agua en las épocas de lluvia y la devuelven la río en épocas de sequía.

- **AGUAS SUBTERRÁNEAS:** Son las aguas depositadas o que circulan por debajo de la tierra, debido a la filtración de la lluvia y de otras fuentes de agua. Las aguas termales de Paipa, en Boyacá, son un ejemplo.



Imagen tomada de Colombia.com

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN

1. Ubicar los principales cuerpos de agua lóticos de Colombia.



Imagen tomada de Colombia.com

2. ¿Qué tipos de organismos podemos encontrar en los siguientes ecosistemas acuáticos? Dibuja el más representativo.

Ecosistema	Organismos	Representación
Océanos		
Lagos		
Ríos		
Ciénagas		
Humedales		

10.3. Actividad 3

Introducción a los tricópteros

Los tricópteros son insectos que se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en un estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación.

BIOLOGÍA

Los tricópteros son insectos holometábolos (metamorfosis completa) cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lenticos), pero en lóticos fríos es donde parece presentarse la mayor diversidad.

La mayoría de los tricópteros requieren de uno a dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan cinco estadios.

La etapa pupal dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales sale el adulto. Los adultos son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan sus huevos en el agua y los encierran por lo regular en una masa gelatinosa.

Una de las características más llamativas de los tricópteros es su capacidad de construir casa o refugios, de formas variadas, a menudo propio de cada especie. Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento. Las casas portables les sirven de protección y de movimiento en busca de oxígeno y alimento.

Las larvas se alimentan de material vegetal y algas que encuentran sobre las rocas. Algunas larvas son depredadoras.

ECOLOGÍA

La Mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas.

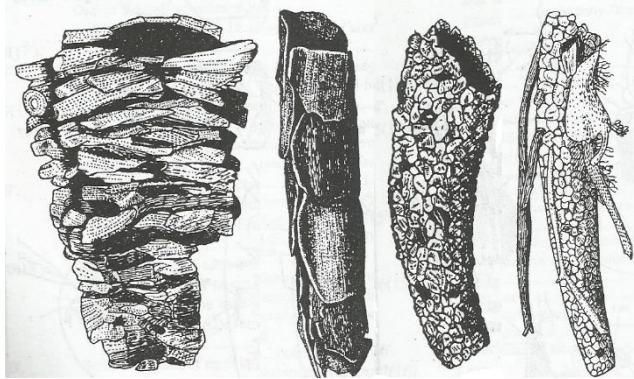
En general, son buenos indicadores de aguas limpias.



Imágenes tomadas de Posada (2003)

ACTIVIDAD DE COMPRENSIÓN

1. A partir de las siguientes imágenes responde las preguntas teniendo en cuenta el concepto de adaptación visto en clase.

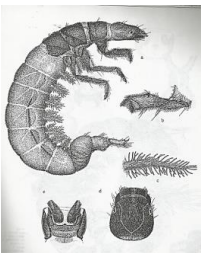


Imágenes tomadas de Roldan(1998)

- a. ¿Qué tipos de posibles materiales utilizan los tricópteros para construir sus casas?

- b. ¿Qué beneficios tiene la construcción de casas para estas especies de tricópteros?

2. ¿A partir de las imágenes determina las posibles funciones que tienen las siguientes estructuras?

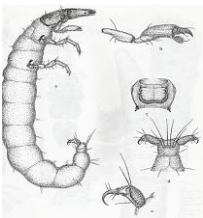


Patatas: _____

Agallas: _____

Aparato bucal: _____

Penachos: _____

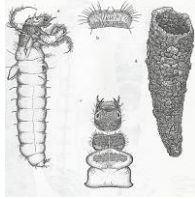
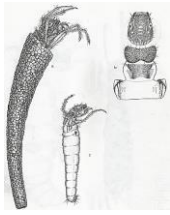


Patatas: _____

Aparato bucal: _____

Penachos: _____

Uña abdominal: _____



Imágenes tomadas de Roldán (1998)

Casas: _____

Patas: _____

PREGUNTAS DE ANÁLISIS

1. ¿Qué significa que un Tricóptero sea un bioindicador?

2. ¿Qué función tienen estos organismos dentro del ecosistema?



Imagen tomada de Posada (2003)

10.4. Actividad 4

Observación de tricópteros: práctica de laboratorio

Los seres vivos han ido evolucionando con el tiempo y el espacio adaptándose al ambiente y a los cambios que este les impone. Debemos entender la adaptación como aquellas características que tienen los organismos con las que sobreviven exitosamente en un hábitat determinado.

Las estructuras corporales dan evidencia de las características propias del lugar que habitan los organismos. A partir de la información suministrada en las unidades didácticas anteriores desarrolla la siguiente guía de laboratorio teniendo en cuenta los especímenes asignados

Especimen # 1 Hidropsychidae	Descripción de estructuras	
	Agallas abdominales:	
	Hidrosegmentos torácicos:	

Especimen # 2 Leptoceridae	Descripción de estructuras
	Tercer par de patas:
	Caracterización del refugio:

Especimen # 3: Calamoceratidae	Descripción de estructuras
	Forma de la casa:
	Tercer par de patas:

Especimen # 4: Hydrobiosidae	Descripción de estructuras
	Primer par de patas:

2. Con una X señala las posibles características del hábitat de las familias de tricópteros observadas

FAMILIA	PCL	PCR	HOJARASCA	MUSGO	GRAVILLA
Hidropsychidae					
Leptoceridae					
Calamoceratidae					
Hydrobiosidae					

3. Responde las siguientes preguntas:

a. ¿Qué es una adaptación?

b. ¿Qué es hábitat?

c. ¿Qué características tienen los organismos que habitan en zonas de corriente lenta y rápida?

d. ¿Por qué las estructuras anatómicas están relacionadas con el hábitat de estos organismos?

Actividad 6
10.6. Relaciones ecológicas

RELACIONES ECOLÓGICAS

Los organismos necesitan diferentes clases de recursos para sobrevivir y al tratar de obtenerlos, se ven obligados a interactuar con otros seres vivos. Las relaciones ecológicas son muy diversas y se hacen más complejas cuanto más tiempo interactúen las poblaciones de seres vivos involucradas. Esta constante interacción con el medio cambiante durante largos periodos de tiempo ha permitido que los

eres vivos desarrollen diversos tipos de adaptaciones para sobrevivir y garantizar la permanencia de sus descendientes.

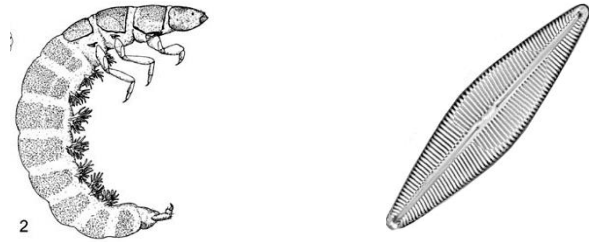


Imagen tomada de Roldán (1998)

ACTIVIDADES DE RETROALIMENTACIÓN

1. A partir del documental visto en clase, relaciona los elementos que hacen parte del ecosistema.

ELEMENTO	¿QUÉ ES?	EJEMPLO
ECOSISTEMA		
BIÓTICO		
ABIÓTICO		
BIOTA		
COMUNIDAD		

2. IDENTIFICANDO LOS ORGANISMOS DEL ECOSISTEMA

Completa el cuadro con la información que se solicita.

ORGANISMOS		QUIENES SON	FUNCIÓN	EJEMPLO
Productores Autótrofos				
Heterótrofos	1°			
	2°			
	3°			
Descomponedores				

3. COMPONENTES ABIÓTICOS DE UN ECOSISTEMA

Explica la importancia de los siguientes componentes abióticos de un ecosistema.

COMPONENTE	¿PARA QUÉ SIRVE?
LUZ	
TEMPERATURA	
SUELO	
NUTRIENTES	

4. Explicar las relaciones que las poblaciones de tricópteros establecen con:

AGUA: _____

LUZ: _____

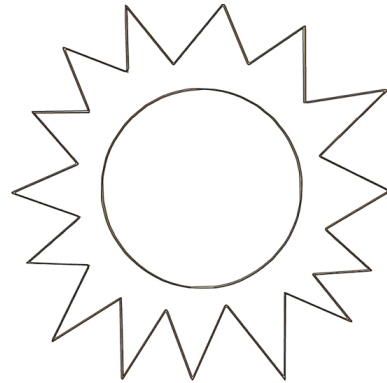
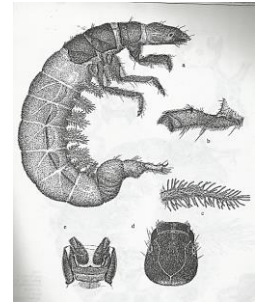
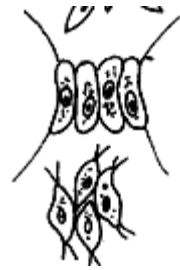
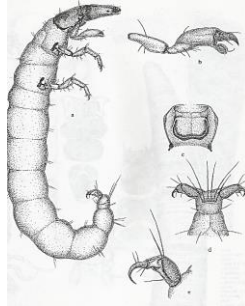
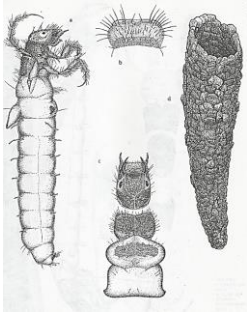
NUTRIENTES: _____

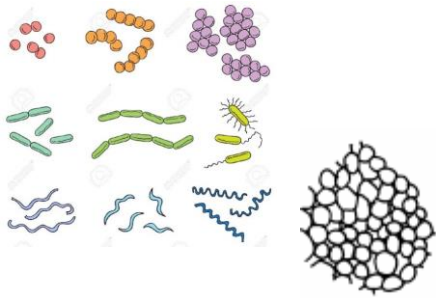
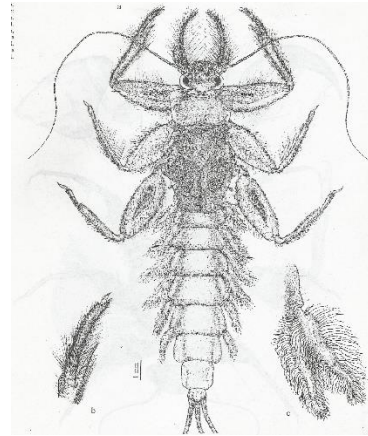
Otras Sp de insectos:

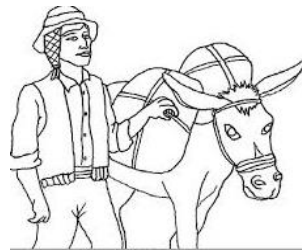
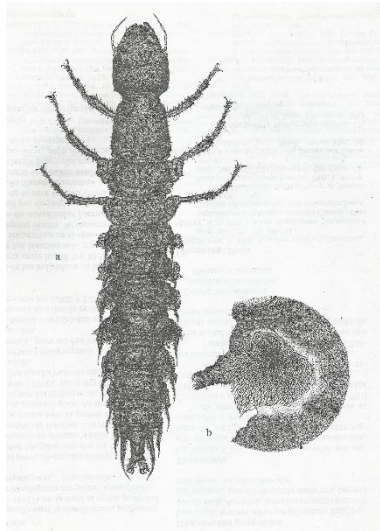
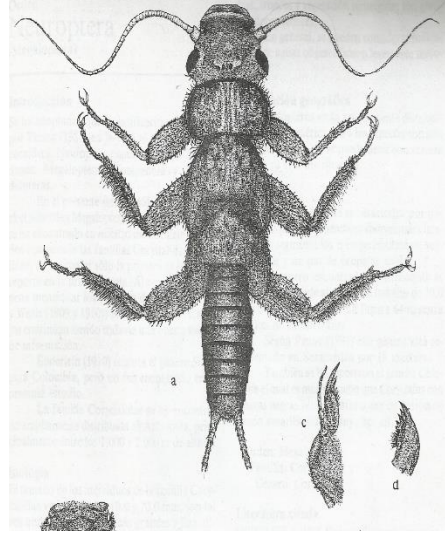
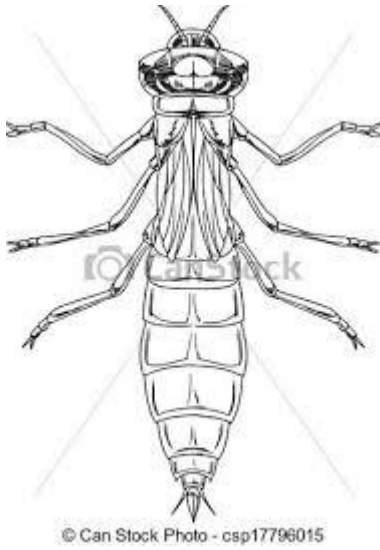
10.7. Actividad 7

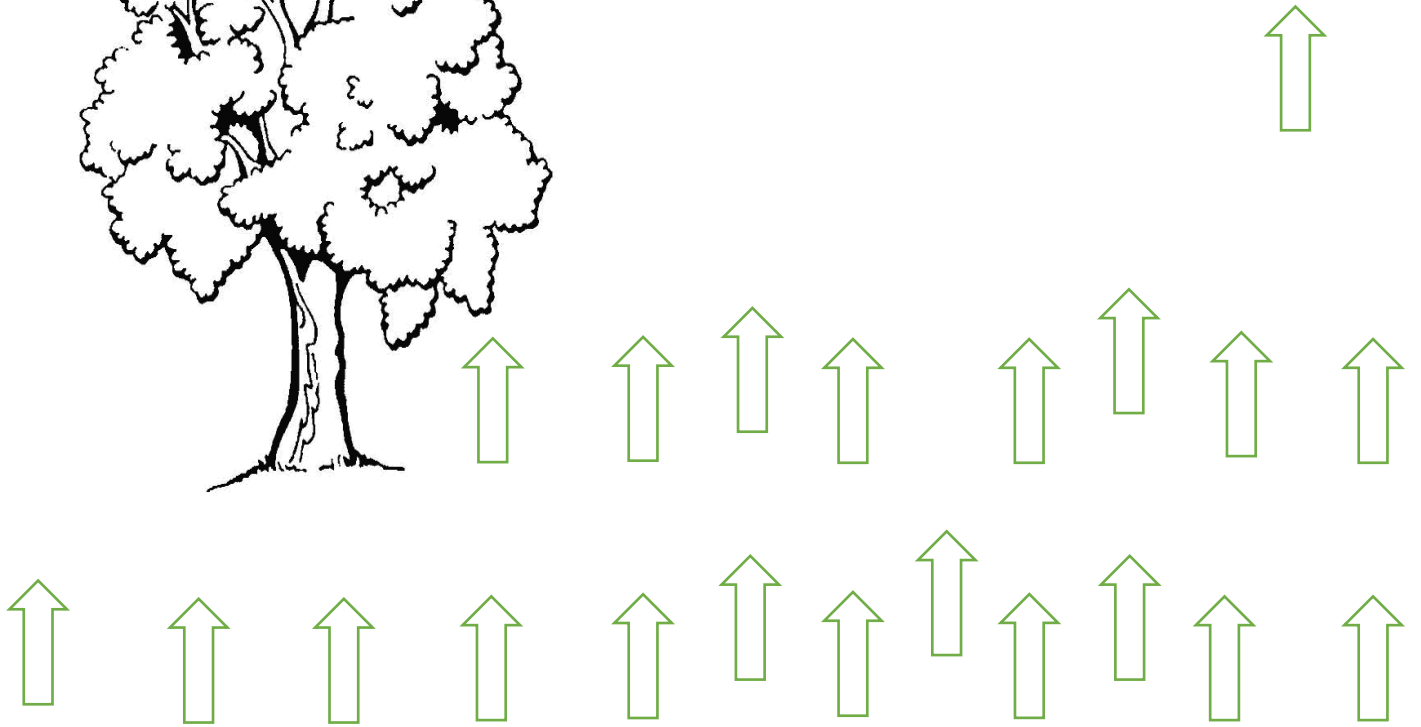
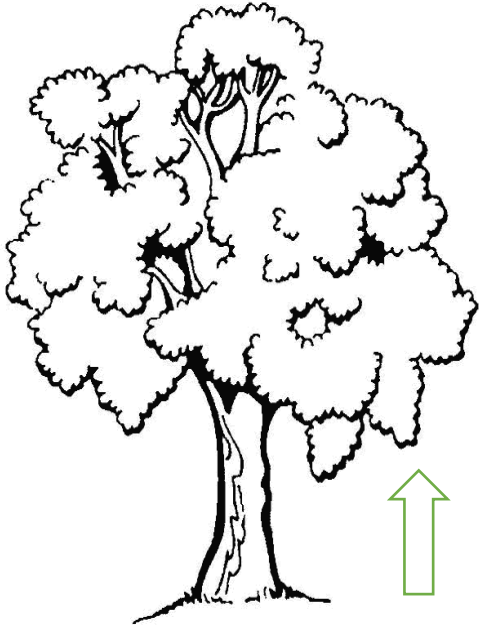
Redes tróficas: juegos de simulación

Recorta las siguientes imágenes y construye una red alimentaria que muestre la forma en que fluye la energía en el ecosistema en el que habitan los tricópteros.









10.8. Actividad 8

El hombre y su impacto en los ecosistemas

Las actividades de los seres humanos alteran el equilibrio de los ecosistemas debido a las graves consecuencias que tienen sobre los factores bióticos y abióticos de los mismos.

Los seres humanos constantemente estamos transformando ecosistemas y, en ocasiones, los destruimos para satisfacer nuestras

necesidades. De hecho, el crecimiento desmedido de las poblaciones humanas ha venido provocando cada vez más presión sobre los ecosistemas. Los ambientes naturales han sido alterados para construir edificaciones, viviendas y vías de transporte, establecer cultivos y potreros para ganadería, hacer represas y para la explotación minera, entre otros.

Todas estas actividades traen como consecuencia que los ecosistemas se transformen al punto que algunas de las especies de fauna y flora que los conforman no pueden continuar existiendo en ese lugar y se ven forzadas a desplazarse a otro ambiente o se extinguen. Ambas consecuencias traen un desbalance ecológico, ya que las redes tróficas se ven afectadas si una especie desaparece o si una especie fuertemente competidora por los recursos es introducida de forma indebida.



Recuperada de izapina.com

Actividades de afianzamiento

1. De qué forma las siguientes actividades humanas afectan las poblaciones de tricópteros y de otros organismos propios de los ríos.

Actividad humana	Consecuencias
Ganadería	
Agricultura	
Construcción de edificios y empresas	
Construcción de represas	
Construcción de carreteras	

2. Diseña un aviso publicitario relacionado con la defensa de los ecosistemas acuáticos y la pérdida del hábitat.

10.9. Actividad 9
Retroalimentación de las temáticas

Construir un mapa conceptual en el que se involucren todos los aspectos vistos de los tricópteros durante el periodo.