

**¿QUÉ CAMBIA Y QUÉ PERMANECE EN LA METAMORFOSIS DE LOS INSECTOS?**

**UNA POSIBILIDAD PARA CONSTRUIR EXPLICACIONES EN ESTUDIANTES Y  
DOCENTES SOBRE EL MUNDO NATURAL**

**YUDY SULIET RODRÍGUEZ AGUILAR**

**ALVARO STEVEN SILVA HIDALGO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**BOGOTÁ, D.C. 2016**

**¿QUÉ CAMBIA Y QUÉ PERMANECE EN LA METAMORFOSIS DE LOS INSECTOS?**

**UNA POSIBILIDAD PARA CONSTRUIR EXPLICACIONES EN ESTUDIANTES Y  
DOCENTES SOBRE EL MUNDO NATURAL**

**YUDY SULIET RODRÍGUEZ AGUILAR**

**ALVARO STEVEN SILVA HIDALGO**

**Trabajo de Grado de Maestría presentado para obtener el título de**

**Magister en Docencia De Las Ciencias Naturales**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**BOGOTÁ, D.C. 2016**

**Nota de aceptación**

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

---

**Firma del jurado**

---

---

**Firma del jurado**

---

---


**Ciudad y fecha**

---

*A la memoria de mi amado abuelo Luis Eduardo, todas tus enseñanzas enriquecen a diario mi ser.*

*A mi familia, especialmente a mi Mamá Marlén Rodríguez, por alentar, cuidar y motivar diariamente el desarrollo y culminación de esta investigación, para ella todo mi amor y admiración.*

En agradecimientos al profesor David Sánchez Bonell, por su acompañamiento y asesoría en el trabajo, a los profesores Gladys Jiménez y Steiner Valencia por sus valiosos aportes que contribuyeron a la versión final del documento.  
¡Muchas gracias!

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 3	

1. Información General	
<b>Tipo de documento</b>	Tesis de grado de Maestría
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	¿Qué cambia y qué permanece en la metamorfosis de los insectos? Una posibilidad para construir explicaciones en estudiantes y docentes sobre el mundo natural.
<b>Autor(es)</b>	Rodríguez Aguilar, Yudy Suliet; Silva Hidalgo Álvaro Steven.
<b>Director</b>	Sánchez Bonell David Andrés.
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional. 2016. 87 p.
<b>Palabras Claves</b>	METAMORFOSIS, INSECTOS, CAMBIO, PERMANENCIA, CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES.

2. Descripción
<p>Este trabajo de grado tiene como objetivo principal construir una estrategia de aula apoyada en la indagación sobre las problematizaciones surgidas desde la historia de las ciencias cuando se aborda el fenómeno del cambio y la permanencia en la metamorfosis de los insectos. Visto de este modo, los cambios y tensiones históricas que normalmente sufren las explicaciones científicas en su devenir, permiten la reflexión de los docentes sobre los elementos discursivos y prácticos inmersos en dichas tensiones, proporcionando la posibilidad de analizar y replantear la forma como se concibe la enseñanza-aprendizaje del conocimiento construido desde las Ciencias Naturales, teniendo en cuenta que la intención no es transmitir conceptos acabados de la disciplina, por el contrario consiste en propiciar la construcción de sujetos desde la singularidad y la subjetividad en relación con su contexto.</p> <p>Dicha construcción fue organizada en este documento partiendo de tres momentos (mágico-religioso; mecanicista; relacional emergente), los cuales van a ser el apoyo para la constitución de una ruta de análisis y observación del trabajo de aula realizado con estudiantes que cursan cuarto grado en el Colegio Parroquial Santo Cura de Ars. Para caracterizar las múltiples explicaciones por las cuales han transitado no solo los niños sino también los docentes se estructuraron tres instancias distintas desde donde intentaron dar cuenta del fenómeno, denominadas: <i>la mirada gruesa, experiencias sensible; detallar lo visible, postura naturalista y la mirada constructiva y reconstructiva.</i></p>

### 3. Fuentes

- Belles, X. (2014). *¿Que sabemos de la metamorfosis de los insectos?* Madrid: Catarata.
- Jacob, F. (1984). *La lógica de lo viviente*. Barcelona : Salvat.
- Jacob, F. (1998). *El ratón, la mosca y el hombre*. Barcelona: Grigalbo.
- Mayr, E. (1995). *Así es la Biología*. Debate.
- Orozco, J. C., Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G., & Garzón, J. P. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Ciencia y Tecnología*(14), 109-120.
- Rodríguez, Y. S., Sánchez, D. A., & Silva, A. (2105). Cambio y permanencia en los fenómenos asociados a la metamorfosis, guías didácticas para niños de grado cuarto: reflexiones sobre la producción de conocimiento de los docentes de ciencias. *Bio-grafía, Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 1610-1613.
- Valencia, S., Méndez, O. M., Garzón, J. P., & Jiménez, G. (2001). De la contemplación a la comprensión de los seres vivos. *Campo Abierto. Universidad de Extremadura*(20).
- Valencia, S., Mendez, O., & Jimenez, G. (2008). ¿Enseñanza de las ciencias por disciplinas o interdisciplinariedad en la escuela? *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 78-88.

### 4. Contenidos

El trabajo se encuentra estructurado en cuatro apartados. El primero, integra los aspectos relacionados con el surgimiento del problema, justificación, objetivos y antecedentes. El segundo, aborda los fundamentos epistemológicos y teóricos en dos sentidos: las ideas sobre el cambio y la permanencia en los sistemas vivos y las ideas relacionadas con la metamorfosis. La tercera, muestra los fundamentos metodológicos asumidos en la investigación, así como el proceso de consolidación de las estrategias de aula y rutas de observación y análisis. El cuarto apartado, muestra la construcción y complejización de explicaciones de los estudiantes a propósito de la permanencia y cambio en la permanencia. Además de las consideraciones finales que subyacen luego de la investigación.

### 5. Metodología

Esta investigación se circunscribió y desarrolló bajo el tipo de investigación cualitativa de corte interpretativo, posibilitó el reconocimiento del proceso del maestro en la resignificación y traslado de los hallazgos históricos al aula. Dicho trabajo permitió la consolidación de una estrategia de aula como posibilidad para la recolección de datos, los cuales fueron revisados desde las rutas de observación propuestas.

### 6. Conclusiones

El proceso de complejización de los seres vivos pone de manifiesto la posibilidad de interrogar los fenómenos para comprender sus dinámicas, en consonancia con esta idea, la organización de campos discursivos que posibiliten la vinculación de elementos reflexivos que viabilicen el tránsito de la experiencia que define el proceso de la metamorfosis acudiendo a la descripción de las estructuras que se modifican, para dar paso a la construcción de variables y el establecimiento de relaciones.

De esta manera el estudio del cambio y la permanencia en la metamorfosis, desarrollado desde la propuesta de tras guías de trabajo, posibilitó la construcción de diferentes explicaciones en los estudiantes y docentes, referidas a ideas mágico religiosas, mecanicistas y complejas.

Es fundamental que en los estudios sobre lo vivo se establezcan rutas explicativas seguidas por el conocimiento construido desde las ciencias, como también la forma como este tipo de saber constituye referentes que promueven renovados cuestionamientos en la construcción de conocimiento en la clase de ciencias, desde los cuales se puede significar procesos como la metamorfosis.

<b>Elaborado por:</b>	Yudy Suliet Rodríguez Aguilar y Álvaro Steven Silva Hidalgo
<b>Revisado por:</b>	David Andrés Sánchez Bonell

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	12	06	2016
--	----	----	------

## CONTENIDO

### INTRODUCCIÓN

1. JUSTIFICACIÓN .....	12
2. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA .....	15
3. OBJETIVOS .....	18
4. ANTECEDENTES .....	19
5. MARCO CONCEPTUAL: CONFIGURACIÓN DE EXPLICACIONES SOBRE LA METAMORFOSIS .....	24
5.1. De las formas y las similitudes; ideas animistas y mágico religiosas asociadas a las explicaciones sobre lo vivo. ....	25
5.1.2. Ideas animistas y mágicas sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis de los insectos. ....	29
5.1.3. Las estructuras visibles y su funcionamiento: el mecanicismo. ....	32
5.1.4. Ideas mecanicistas sobre la metamorfosis.....	36
5.1.5. Una mirada compleja de los seres vivos.....	44
5.1.6. La organización en el estudio de la metamorfosis de las mariposas. ....	46
5.2. Construcción de explicaciones en el aula de ciencias.....	49
6. DISEÑO DE LA RUTA METODOLÓGICA .....	52
6.1. El privilegio por lo cualitativo .....	52
¿Quiénes construyen? participantes en el proyecto y su caracterización.....	53
6.2. Construcción de la estrategia de aula.....	53
6.2.1 Primer momento: ir más allá de lo evidente.....	53
6.2.2. Segundo momento: primeros acercamientos del cambio como forma de explicación. ..	55
6.2.3. Tercer momento: la consolidación de tres rutas de aula, el cambio y la permanencia en la metamorfosis de insectos. ....	56
6.3. Ruta de observación y análisis.....	59
7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	61
7.1. Reflexionando sobre la experiencia. ....	61
7.2. Emergencia en las explicaciones del aula: El cambio y la permanencia en lo que nos rodea .....	65
7.2.1. La metamorfosis desde la mirada gruesa y experiencia sensible .....	68



7.2.2. Detallar lo visible: Postura naturalista. ....	72
7.2.3. La mecánica de la metamorfosis; detallar lo visible, la postura naturalista. ....	75
7.2.4. Mirada constructiva y reconstructiva de la metamorfosis.....	78
8. CONSIDERACIONES FINALES .....	81
9. BIBLIOGRAFÍA .....	84

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Primera organización de la estrategia de aula.....	54
Tabla 2. Segundo momento de consolidación de la estrategia de aula.....	55
Tabla 3. Resumen de momentos conceptuales y metodológicos.....	59
Tabla 4. Síntesis de las preguntas y respuestas a las primeras explicaciones de la ruta de observación número 1.....	66
Tabla 5. Explicaciones de los estudiantes sobre el cambio y la permanencia.....	67
Tabla 6. Gráfico y análisis del ciclo de vida de la mariposa.....	73
Tabla 7. Análisis de las partes de la libélula.....	74

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende constituirse en un referente de reflexión sobre el sentido que tiene enseñar y aprender ciencias en la escuela. Pretensión que se materializa a través de la forma como los estudiantes y maestros construyen explicaciones sobre un fenómeno natural, en este caso la permanencia y cambio en la metamorfosis.

Para esto, se tendrán en cuenta tres momentos, el primero el rastreo histórico-epistemológico realizado por los docentes con la intención de identificar los matices presentes en los cuestionamientos, apuestas teóricas, la organización explicativa, sus alcances y sus limitaciones a propósito de este fenómeno. El segundo relacionado con la construcción una estrategia de aula, desde la cual es posible rastrear la forma en la que estudiantes y docentes construyen explicaciones. El tercer relacionado con es el análisis de las construcciones de los estudiantes a propósito de lo que cambia y permanece en el proceso de la metamorfosis, desde tres instancias interpretativas. La primera con la metamorfosis asociada a las ideas mágico-religiosas, la segunda desde las explicaciones mecanicistas asociadas a la descripción y funcionamiento de sus partes, y por último, las explicaciones que permiten entender el fenómeno desde múltiples relaciones y emergencias que surgen desde la interacción de los componentes que la constituyen.

Presentaremos esta experiencia en cuatro partes. La primera, resalta los aspectos relacionados con la delimitación del problema, objetivos, antecedentes y justificación. La segunda, aborda los fundamentos epistemológicos y teóricos en dos sentidos: las ideas sobre cambio y permanencia en los sistemas vivos y las ideas asociadas con la metamorfosis. La tercera, muestra los fundamentos metodológicos asumidos en esta investigación, así como el proceso de consolidación de las estrategias de aula y rutas de observación que fueron conformados con la intención de recolectar los múltiples relatos surgidos en el aula para posteriormente realizar un análisis. Finalmente en el cuarto apartado se visibiliza la construcción y complejización de explicaciones de los estudiantes a propósito de la permanencia y cambio en la metamorfosis.

## 1. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento denominado científico goza de una amplia aceptación, esta forma particular de interpretar y validar los fenómenos ha promovido una forma objetiva, racional y universal de representar la naturaleza, a propósito, Morin (1977) indica que la Ciencia clásica se fundó bajo el signo de objetividad, es decir de un universo constituido por objetos aislados sometidos a leyes universales. Dicha representación posiciona a la naturaleza con una realidad dada, ordenada, con un sentido y un significado independiente a los sujetos (Valencia , Méndez, Jiménez, & Garzón, 2000) Desde este contexto, la mayoría de las prácticas educativas responden a formas particulares de socialización y reproducción de dicho conocimiento, alejando y desligando la posibilidad de vincular dichos saberes con la vida y el contexto del estudiante.

Para hacer frente a esta situación se hace necesario reconocer diversas miradas de ciencia, al igual que la revisión de las maneras como se idealiza y se enseña, de alguna manera esto nos invita a buscar alternativas que estructuren nuestra propia comprensión del quehacer como maestros, permitiendo el desarrollo de perspectivas más amplias y críticas que permitan replantear el punto al cual se dirigen nuestros esfuerzos en la búsqueda de construcción de explicaciones pertinentes y trascendentes. Así los contenidos que se seleccionan ya no son estáticos y la forma como se direccionan las estrategias en el aula involucran activamente a los estudiantes y sus necesidades.

Desde estas reflexiones, el presente trabajo pretende ser una apuesta alternativa que permita acercar a estudiantes y maestros a la elaboración de explicaciones cambiantes y diversas sobre el fenómeno de la permanencia y el cambio en la metamorfosis de insectos. La forma de dilucidarlo será por medio de la confrontación de las diferentes explicaciones surgidas desde el campo de las ciencias y de las manifestadas por estudiantes y maestros para dar cuenta de este fenómeno. Para llevarlo a cabo se realizó un rastreo histórico epistemológico con la intención de comprender que sobre un fenómeno no hay una única e invariante explicación, sino que, al contrario las explicaciones emergen, se dinamizan, se diversifican y se consolidan de acuerdo a condiciones, históricas culturales y sociales.

Por ejemplo, Latour (1991) propone que en la construcción realizada por Pasteur sobre la idea de microbio, existen múltiples interpretaciones validadas desde la postura de la época, preguntas por el devenir de esta idea ponen de manifiesto la forma provisional de una red de explicaciones, que según los casos, puede modificarse de forma local o permanentemente.

En otras palabras la actividad de las comunidades científicas no se puede ver aislada del contexto social en el cual se desarrolla, pues existe una serie de intereses económicos y políticos que entran a orientar el curso de las investigaciones, las cuales delimitan una línea de desarrollo científico, es decir, está históricamente construida, sometida a modelos de juicios históricamente contruidos, es posible cuestionarla, discutirla, afirmarla, desarrollarla, formularla, contemplarla e incluso enseñarla (Elkana, 1973).

En este orden de ideas el cambio y la permanencia asociado al fenómeno de la metamorfosis plantea varias tensiones en su interpretación y explicación, dichas tensiones se hacen evidentes en las diversas consideraciones que histórica y epistemológicamente han ligado este fenómeno y otros con explicaciones mágico-religiosas o explicaciones mecánicas e incluso otras explicaciones más complejas que abordan la organización, la emergencia y el cambio en las relaciones de dicho fenómeno. Son diversos los autores que ponderan la importancia de dar cuenta del porqué de los cambios y la necesidad de asumir también la permanencia, como bien señala Jacob (1998), un debate latente en la historia de esta ciencia, desde los primeros cuestionamientos no se ha cesado de ahondar en las estructuras y profundizar en las funciones que explican el porqué de los cambios en los organismos.

Siendo así, este trabajo busca mediante el análisis histórico epistemológico de las tensiones que sobre cambio y permanencia han estado asociadas al fenómeno de metamorfosis, derivar criterios que permitan plantear unas rutas de trabajo en el aula por medio de guías que expresan tensiones históricas y epistemológicas buscando la construcción de explicaciones emergentes en el aula; esto suponiendo que los sujetos (estudiante-maestro) se relacionan con el conocimiento establecido de manera activa, lo resignifican, lo enriquecen y contextualizan, de tal manera que el

aula empieza a constituirse según Jiménez, Vargas & Méndez (2013)<sup>1</sup> como un sistema de relaciones sociales y de representación individuales que expresan, se alteran y coexisten con otras, en otras palabras, el aula entendido como sistema de relaciones que permite a quienes participan de ella expresarse, confrontarse, contrastarse, enriquecerse, y transformarse colectivamente.

---

<sup>1</sup>En el módulo *El aula como sistema de relaciones, módulo de trabajo II, 2013*, abordado en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional.

## 2. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

Algunos esfuerzos en la enseñanza de las ciencias se han dirigido a propiciar estrategias desde las cuales se promueva en los estudiantes la curiosidad por el mundo natural, donde el sujeto pueda relacionar la experiencia misma con el saber constituido desde las ciencias. Interpretaciones que develan el escenario desde el cual maestros y estudiantes construyen supuestos que orientan y organizan las propias prácticas educativas en consonancia con las producciones científicas. Esta relación contingente entre disciplina científica y ciencia escolar no necesariamente asume de alguna manera la inconmensurabilidad<sup>2</sup>, trasladar problema, teorías y prácticas de la ciencia de manera ligera a la actividad escolar como bien señala Fourez (1994) fragmenta los currículos pensando las disciplinas por separado, limita la creatividad y la capacidad de producción por presunción de completud del discurso y condicionan los currículos escolares en ciencias a las normas y estructuras propias de la actividad científica

“ la apropiación que se hace de ellas (disciplinas) en la escuela está lejos de brindar unas herramientas conceptuales y metodológicas que permitan a los estudiantes comprender el mundo desde la óptica de la física, la química o la biología, pues su estudio se restringe a la apropiación de contenidos considerados estructurantes en cada campo disciplinar sin que se tenga acercamiento ni comprensión a que problema responden, que explican o por qué se hacen necesarios en las formas de relacionarnos con el mundo natural y social” (Valencia, Mendez, & Jimenez, 2008, p. 81)

Visto de esta manera, un recorrido por la historicidad, por los cambios y tensiones históricas que normalmente sufren las explicaciones científicas en su devenir, permite que los docentes reflexionen sobre qué elementos de este recorrido pueden ser abordados en la escuela respetando ahora que la intención no es transmitir conceptos acabados de la disciplina; sino favorecer la construcción de sujetos desde la singularidad y la subjetividad en relación con su contexto. La construcción de explicaciones sobre cambio y permanencia asociados a los fenómeno de metamorfosis pueden nutrirse de manera crítica y reflexiva por parte de los docentes desde la historicidad del fenómeno y sus tensiones epistemológicas, solo si los docentes reflexionan y

---

<sup>2</sup>La inconmensurabilidad es asumida en términos de Kuhn (1962), en donde la estructura explicativa de un paradigma, en este caso el paradigma que explica la construcción de conocimiento científico, no es commensurable con la estructura que explicaría la construcción de conocimiento escolar.

seleccionan aquellas situaciones, experimentos, explicaciones y conclusiones que son pertinentes para la escuela y que pueden ser repensadas en rutas didácticas, guías o estrategias de aula, se puede generar así un verdadero conocimiento escolar en ciencias que reconozca el recorrido de las disciplinas pero que asuma la responsabilidad de la escuela en la formación de sujetos que viven la ciencia como una actividad cultural.

Las prácticas de enseñanza se han diversificado y se torna confuso llegar a un acuerdo general de la forma y los alcances que promueven el aprendizaje del conocimiento científico. Estas diferencias parten de la manera en la cual nos relacionamos con el conocimiento. Si se concibe la ciencia como un producto constituido mediante el esfuerzo de mentes brillantes y privilegiadas, probablemente las prácticas de enseñanza tenderán a enfocar sus esfuerzos hacia la reproducción memorística de las construcciones teóricas y discursivas que devienen del quehacer científico. Muy seguramente a través de métodos rigurosos, exactos y precisos que permitan develar la forma como se estructura y cómo funciona todo lo que nos rodea, alentando estrategias de enseñanza centradas en la memorización de conceptos, con poca aplicación de estos a contextos particulares. Aquí, el estudiante no tiene posibilidad de incorporar su proceder y su discusión en las formas de significar el mundo.

De esta manera, será necesario encontrar otras formas de pensar la ciencia una que aliente prácticas de enseñanza centradas ahora en la construcción de explicaciones sobre los fenómenos, es decir, desarrollar nuevos modos de observar y de configurar la realidad, nuevos modos de relacionarse con el mundo que les rodea, en palabras de Árcade G. Ginzburg, & Mazzolli, (1990) la enseñanza de las Ciencias debe tener en cuenta los modos de pensar, los modos de hablar y los modos de hacer, pero sobre todo la capacidad de juntar todos estos aspectos. Integrar los modos diversos de pensar, hacer y actuar no es tarea fácil, pero requiere el concurso de la complejidad más que de la simplicidad, de la reflexión permanente más que de la exposición al tema o al contenido y de la comprensión de los fenómenos asumidos más que de su análisis por extensión, en resumen requieren de un docente más reflexivo, crítico y creativo que permita también y en consecuencia la participación activa y motivada de sus estudiantes.

Visto así, este panorama cuestiona la importancia que representa dotar de coherencia explicativa las interpretaciones que realizan los docentes y los estudiantes sobre el mundo natural. Por eso estamos de acuerdo con Pozo & Gómez (1998) cuando afirman:



Se debe situar la educación científica en el contexto de una sociedad en la que sobra información y faltan marcos conceptuales para interpretarlos, de modo que la transmisión de datos no debería constituir un fin principal de la educación científica, debería estar dirigida más bien a dar sentido al mundo que nos rodea.

Esta coherencia explicativa responde a sistemas ideológicos que subyacen y determinan el carácter de los compromisos epistemológicos de los sujetos. Estos sistemas condicionan las formas de entender la dinámica viviente, aspectos como la idea de permanencia y cambio en los organismos no resulta tener una única mirada, por el contrario son múltiples las interacciones que subyacen y lo posicionan como inquietante y potencializador de preguntas y explicaciones, lo cual puede posibilitar la necesidad de dar respuesta y motivar la construcción de conocimiento situado y contextual en el aula.

Poder acotar en el marco de la historicidad del fenómeno metamorfosis, las diferentes explicaciones que sobre cambio y permanencia se han dado en la epistemología de las ciencias, permite de alguna manera reflexionar sobre cuáles y en qué momento algunas de estas construcciones pueden ser reconstruidas, resinificadas y pensadas, ya no para la construcción científica en la mirada tradicional, si para permitir la emergencia de explicaciones en el aula por parte de docentes y estudiantes. Plantear estas nuevas condiciones derivadas del análisis histórico y epistemológico en rutas didácticas y guías de trabajo en el aula en el caso de los docentes, así como poder dilucidarlas en las diversas explicaciones que sobre los fenómenos analizados emergen de los estudiantes es en definitiva el problema de esta investigación.

Partiendo de este panorama, se plantea el siguiente interrogante:

***¿Cuáles son las explicaciones que construyen estudiantes sobre cambio y permanencia en la metamorfosis de los insectos?***

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Propiciar la construcción de explicaciones a través de la implementación de tres guías derivadas de la reflexión sobre las ideas del cambio y la permanencia en la metamorfosis en insectos.

#### **Objetivos Específicos**

- Realizar un recorrido histórico desde tres tensiones (mágico- religiosa, mecanicista y compleja) sobre las explicaciones sobre cambio y permanencia en el fenómeno de la metamorfosis de los insectos.
- Diseñar e implementar una propuesta de aula que posibilite la construcción de explicaciones en estudiantes desde la reflexión histórica sobre el cambio y permanencia en la metamorfosis en insectos.
- Sistematizar las explicaciones emergentes en los estudiantes sobre cambio y permanencia en la metamorfosis de insectos luego de la implementación de la estrategia de aula.

#### 4. ANTECEDENTES

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó una búsqueda de investigaciones que contribuyan a la discusión metodológica y teórica sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis de insectos, especialmente en mariposas. Sin embargo, los documentos revisados centran sus esfuerzos investigativos en temas relacionados con los ciclos de vida de insectos, pues se carece de registros que hablen propiamente del cambio y la permanencia.

El primer documento revisado corresponde a una tesis de Maestría en enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Nacional de Colombia, dicho trabajo se denomina: *El seguimiento del ciclo de vida de la mariposa Dione glycera (C. Felder & R. Felder 1861), una estrategia de aula para contextualizar y aplicar conceptos de Biología*, presentado por Almeciga en el año 2012.

La investigación centra su atención en la implementación de una metodología que pretende enseñar la clasificación, morfología y ciclo de vida de lepidópteros a estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Departamental El Carmen de Guasca, Cundinamarca. Se parte de la importancia de contextualizar al estudiante sobre las interacciones en el ecosistema local, desde la vinculación al mundo natural desde la formulación de soluciones a los problemas ambientales propios del contexto. Para ello se utilizan las características y condiciones de vida de la *Dione glycera*, una especie que afecta la producción de la curuba, planta importante en el economía del sector.

La recolección de datos, se realizó a través de una prueba diagnóstica con el fin de identificar las falencias y fortalezas que podrían tener estos alumnos en temas de las ciencias naturales como: célula, reproducción y clasificación de los seres vivos. Se concluye que resultado de la enseñanza ocurre a espaldas del contexto y que no se considera su transposición al ambiente. A partir de este diagnóstico se hizo la planeación de la propuesta de aula y se diseñó la metodología de trabajo. Dicha metodología tuvo en cuenta; por un lado las teorías constructivistas, que asumen que en el aprendizaje significativo debe conectarse la nueva

información con lo que el estudiante ya sabe, y de otra parte, por la teoría del pensamiento complejo en ciencias naturales que asume la integración con el contexto para enseñar.

El trabajo en mención, aporta a esta investigación en tanto invita a profundizar en los diferentes cambios que muestra la metamorfosis de la mariposa, propone la generación de espacios y metodologías que permitan un dialogo conjunto con el contexto particular de los estudiantes favoreciendo la reflexión permanente sobre los conocimientos construidos e incita a trabajar desde la observación y la vinculación directa con el fenómeno estudiado. El trabajo se posiciona desde el modelo constructivista, la organización metodológica del mismo deja ver al sujeto (Estudiante) inmerso en la construcción del conocimiento, el papel del maestro es orientarlo hacia el conocimiento científico desde una ruta establecida “el método científico”, planteamiento que está alejado de las posibilidades de construcción de conocimiento que involucra la elaboración de explicaciones, constitución de concepto, teorías científicas y formulación de soluciones a problemas del entorno natural y social.

Dentro de la misma línea de maestría de la Universidad Nacional de Colombia, Angarita (2012) presenta un trabajo en el cual se propone y se lleva a la práctica una estrategia pedagógica para la enseñanza de la biología de los organismos, el autor se vale de las quecas, chinches excavadores (*Scaptocoris* sp., Cydnidae), para trabajar con estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa la Frontera, del Municipio de Saravena-Arauca. En esta investigación se destaca el trabajo de aula y las salidas pedagógicas, aspecto importante a tener en cuenta pues se vincula la observación y la consulta teórica e histórica en torno de los hábitos y ciclo de vida de las quecas, para tal fin, se apoya en los relatos que circulan en la comunidad sobre estos insectos, intentando con ello promover un aprendizaje significativo de la Biología. La riqueza del trabajo está centrada en las estrategias que se usan para establecer un dialogo conceptual con lo observado por los estudiantes, en donde se posibilita una vinculación directa con los organismos estudiados.

La tesis de Angarita (2012) es relevante para el presente trabajo debido a que en su propuesta de diseño vincula fuertemente la observación y referentes teóricos que direccionan la formulación de las actividades de aula, lo cual posibilita comprender y pensar la importancia de dichos referentes históricos en el contexto de una estrategia para la enseñanza. Si bien la preocupación del autor se centró en incentivar el aprendizaje de la Biología, el trabajo sugiere reconocer los

diferentes tipos de explicaciones y propiciar en el aula un ambiente que permita considerarlas como un sistema coherente, articulado y relacionado permitiendo así la comprensión del fenómeno desde su complejidad.

Por otra parte, en la especialización en docencia de las ciencias naturales para el nivel básico de la Universidad Pedagógica Nacional, Vera (2006) propone un trabajo titulado “Mariposas y moscas una ruta para la comprensión del crecimiento con niños de 5 grado de primaria” en él, se permite evidenciar la construcción del concepto de crecimiento a través de la experiencia de primera mano con la historia de vida de las mariposas y moscas. La autora parte de la tensión que existe entre las diversas miradas de ciencia, cuestionando el predominio de una de ellas como única forma de interpretar la realidad, y por tanto, como la única verdad que se puede asumir, se llega a interrogar por ¿cómo se ve? y ¿cómo se enseña?, ¿cómo comprenden el crecimiento de los seres vivos los niños de quinto de primaria, a partir de la construcción de la historia de vida de las mariposas y moscas?. Este trabajo también reflexiona sobre cómo fomentar en los niños una visión de ciencia como posibilidad de preguntarse por su entorno

Vera (2006) en la propuesta metodológica establece tres momentos: el primero denominado reconocimiento, en la cual se intenta que los estudiantes reconozcan los insectos, el segundo se denomina el cambio de un ser vivo, en donde se realiza un seguimiento minucioso y detallado de los cambios de los seres vivos, especialmente mariposas y moscas y el último momento, denominado recorriendo los pasos, en donde se pretende acopiar toda la información recolectada sobre el seguimiento al ciclo de vida de los organismos como posibilidad de interacción de ideas. Para el análisis de resultados el trabajo muestra dos criterios de lectura: conceptual y comunicativa, aspecto interesante pues muestra las aproximaciones a ciertos fenómenos como reproducción, crecimiento y depredación y las formas como los estudiantes describen la experiencia desde el trabajo con los organismos.

Un aspecto relevante de la tesis de Vera (2006) es que deja ver cuál es el seguimiento hecho por los estudiantes al ciclo de vida de la mariposa *Eurema Salome*, se observa la recolección de información y el intento por la construcción de conocimiento de los alumnos partiendo de la experiencia individual, muestra cómo es posible una construcción colectiva sobre la interpretación que se estableció con los organismos del medio y el tipo de crecimiento atravesado a lo largo del ciclo de vida.

La pertinencia de este trabajo para la presente investigación radica en lo positivo que resulta para la enseñanza de las ciencias el propiciar espacios que brinden oportunidades al estudiante de interactuar directamente con el medio natural, posibilitando acercarse al estudiante con los organismos y desarrollar estrategias que permitan el acceso del estudiante a los conceptos biológicos mediante la construcción de explicaciones.

El siguiente trabajo no corresponde al nivel de posgrado, pero es un antecedente de vital importancia en la formulación de la presente investigación, pues permite cimentar las preguntas y primeras aproximaciones a las mariposas como una posibilidad de explicación en el aula. Además, sugiere a los insectos como herramienta pedagógica, pues permiten que el estudiante interactúe con ellos, los manipule, los observe detalladamente y pueda sacar sus propias conclusiones.

Silva (2012) propone un trabajo de nivel pregrado donde buscó que los estudiantes se acercaran a los organismos locales mediante el uso de mariposas de la región, intentando con ello promover una experiencia educativa directa. La propuesta se implementó con alumnos de sexto grado del IED Molinos Marruecos, los cuales visitaron el mariposario en el segundo periodo del 2011, en la investigación, los estudiantes tuvieron la posibilidad de acercarse al ciclo de vida de las mariposas, entre ellas *Leptophobia aripa*, teniendo vínculo directo con los hábitos de ovoposición y longevidad, duración del ciclo de vida y hábitos alimenticios en los estados de oruga y adulto.

La propuesta está articulada en dos momentos: uno el seguimiento al ciclo de vida de la mariposa *Leptophobia aripa*, y el otro al diseño y construcción del mariposario urbano, además se planteó una ruta para propiciar la reflexión en torno a la conservación de las especies endémicas. En la propuesta se privilegia el aprendizaje experiencial en donde el alumno observa y reflexiona sobre su experiencia, de tal manera que integre conocimientos previos.

El trabajo aporta ideas previas de los estudiantes sobre el ciclo de vida de las mariposas, por ejemplo, se muestra como los jóvenes asumen a la oruga y a la mariposa como organismos diferentes consecuentes con una ruptura en la idea de metamorfosis. En este trabajo, también se encuentran elementos importantes como la artificialización de algunos fenómenos, aspecto

crucial para comprender la relación entre la experiencia que se dinamiza y la constitución de explicaciones sobre los fenómenos observados.

## **5. MARCO CONCEPTUAL: CONFIGURACIÓN DE EXPLICACIONES SOBRE LA METAMORFOSIS**

La metamorfosis es uno de los fenómenos que ha llamado la atención y fascinación desde la antigüedad, las transformaciones en las formas, colores y estructuras observadas en este proceso son tan drásticas y sorprendentes que se ha constituido un amplio campo teórico y práctico. Se pueden encontrar explicaciones que la relacionan con una expresión de los designios divinos, expresadas en un orden establecido por fuerzas sobrenaturales que dotan de una intención a todo lo que nos rodea, el caos y la perfección, lo bueno y lo malo, desorden y orden, establecen una linealidad de sucesos que se aprecian a través de los sentidos. Estas ideas tienden a promover explicaciones que asocian los cambios sufridos por los insectos como una transición de un estado imperfecto hacia otro mejor, y a la perfección como un suceso estrictamente ascendente. También las ideas que centran su interés en reconocer y comprender las condiciones, los mecanismos propios de la metamorfosis, así como las sustancias, estructuras, relaciones y emergencias que intervienen, posibilita dilucidar los amplios esfuerzos realizados para constituir las explicaciones actuales sobre este fenómeno natural.

La intención de este apartado es mostrar tres instancias que han complejizado el discurso sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis de insectos, siendo una posibilidad para profundizar y generar explicaciones en la clase de ciencias. La primera es aquella que asumen los organismos desde postulados animistas, en relación con la expresión del orden divino de la naturaleza, por tanto una creación fija e inmutable que va a centrar su atención en la descripción de las formas y las similitudes de lo vivo con la materia inanimada. La segunda sitúa su preocupación por el modelo mecanicista y la mirada histórico natural, que privilegia la disposición de las partes, los mecanismos que actúan y estructuras visibles que lo componen, reduciendo la explicación sobre lo vivo a leyes físicas y químicas. Y una tercera que interpreta lo vivo desde su organización, transformación de sustancias y emergencias.



### **5.1. De las formas y las similitudes; ideas animistas y mágico religiosas asociadas a las explicaciones sobre lo vivo.**

El hombre es curioso por lo que sucede en la naturaleza, esta condición deviene de las diversas conexiones biológicas que por millones de años han existido durante la evolución de la especie humana, esta relación ancestral entre hombre-naturaleza le ha permitido inquietarse por lo desconocido, sorprenderse y maravillarse por la naturaleza. En palabras de Jacob (1984) “mientras el mundo viviente representaba, por así decirlo, un sistema de regulación externa, mientras era regido por un poder soberano, ni el origen, ni la finalidad de los seres vivos planteaban dificultades, simplemente coincidían con los del universo (p.17)”. Una muestra significativa de estas interpretaciones se encuentra en las construcciones hechas por los pueblos primitivos, los cuales acuden a fuerzas sobrenaturales, expresadas en un alma existente que reside tanto en las montañas y ríos como en los árboles, animales y personas. La determinación de la diferencia entre lo animado y lo inanimado reside allí, sin embargo, su constitución no está definida y se asume como algo que es otorgado por unas fuerzas ocultas que fijan el devenir de las cosas. Diez Plata (S. F.), muestra como la metamorfosis de los insectos, está asociada dicha interpretación, pues menciona la forma como los distintos estados por los que atraviesa la mariposa es son asociados frecuentemente a la transición de lo inanimado a lo animado, representación que se puede encontrar en figuras famosas como el sarcófago de Prometeo (ver Imagen 1.)

Entre las piezas de la magnífica colección de la escultura clásica del museo del Prado de Madrid, se encuentra un relieve rectangular de proporciones regulares que representa a Prometeo en el acto de modelar el primer hombre, a su lado se encuentra Atenea quien pone sus mano derecha sobre la cabeza de este hombre (en ella sostiene la crisálida de la mariposa), y en su espalda se encuentra una pequeña figura con alas de mariposa, que representa el psique, la cual representa el alma de la nueva “criatura”.



Imagen 1. Sarcófago de Prometeo.

Para estructurar dichas explicaciones sobre la naturaleza, el hombre fija su mirada en lo que ocurre a su alrededor desde los sentidos como referentes en la construcción simbólica ligada a una intención sobrenatural, por ejemplo, Smith (1975) indica que la facultad de volar (movimientos errantes) y los cambios en las formas son acceso a planos espirituales superiores.

No solo las culturas occidentales estructuran sus explicaciones de lo vivo desde una mirada animista, en América, pueblos como el Muisca o el Inca, asumen al sol, la luna y las montañas como dioses en los cuales residían espíritus que gobernaban los destinos de los humanos y la naturaleza. En la cultura Muisca, por ejemplo, se pueden encontrar explicaciones de este tipo, ilustrado en un texto realizado por Correa (2005):

Los creadores de todas las cosas habrían sido el Sol y la Luna... el origen del universo y de las gentes parte de la fecunda relación de una pareja que opuestos por el género, por lo mismo se complementan en la relación conyugal que promueve la cosmogénesis. Como cónyuges, aparecen personificados, son hombre y mujer, e iconográficamente representados por ídolos que se hallarían en santuarios o templos distintivos, sin embargo,

el sol, tenía un lugar protagonista en la creación y en el poder diseminador de la luz que es el origen y creador de las cosas en el primigenio amanecer que interrumpe la oscuridad, dominio de la Luna.

Estas representaciones permiten ejemplificar una forma particular de interpretar los sucesos como formas de expresión sobrenaturales, determinando explicaciones que dan sentido a las preguntas por el origen y la finalidad de lo que nos rodea. El sujeto contempla con detalle lo que ocurre para encontrar con mayor claridad la expresión, las huellas o pistas que dan cuenta de una fuerza suprema que dirige, entonces, el sujeto es solo un espectador que contempla la armonía y perfección con la cual fue creado todo, como bien afirma Valencia *et al.* (2002) “Se considera la naturaleza como un bien divino, ordenado, edénico y la realidad como dada, verdadera, con un sentido y un significado independiente a los sujetos”.

Según Sarmiento (2009) “en este pensamiento se destaca la búsqueda de una explicación para el cambio visible en el nacimiento y la muerte, así como de la generación de distintos objetos propios de la vida, y del cambio dentro de la misma” (p. 18). La tesis según la cual el mundo alternativamente se genera y se destruye, en cuya dinámica intrínseca se regenera y nuevamente se destruye, incorpora a los mortales y a todos los seres en general. Todos participan del cambio sufrido en la regeneración y la destrucción. La vida a diferencia de las comprensiones que en siglos posteriores se tendrá sobre ella, no es una dimensión o posibilidad que emerja de lo inerte, sino que surge como lo inerte, y está sujeta a cambios sin distinción de éste. En otras palabras, el mundo está regido por el drama cíclico de la construcción y la destrucción, que incluye a la materia y también a los seres vivos.

Dicha idea de creación, destrucción y similitud de los astros y lo vivo, posiciona a los elementos de la naturaleza desde un principio o elemento, algo que es concebido por un Dios o Dioses de permanente existencia, que tras decidir hacer un mundo, lo ordenan, lo mantienen y lo dirigen constantemente. Smith (1975) menciona que no existe un solo principio para dar cuenta de los fenómenos naturales, aludiendo que también el movimiento, es tomado como la fuente de donde proviene todo, cuyo origen y funcionamiento reside en un orden ya establecido por fuerzas ocultas.

Así se inicia a determinar lo que caracteriza lo animado y lo inanimado partiendo de la capacidad que tienen las cosas de moverse por sí mismas o hacer mover otras. En este sentido, Alvares (2004) indica que antiguos pensadores como Aristóteles, basa sus explicaciones acudiendo a la comparación de los organismos con un tipo especial de máquina: el autómeta, en donde no es evidente la fuente de energía que genera dicho movimiento, sin embargo su procedencia deviene de la existencia de un alma que le proporciona sus características. Ya no solo es un mundo lineal o permanente, sino se incluye la presencia de algo que genera movimiento en el mundo. Surge un nuevo principio para interpretar los fenómenos naturales y es utilizado para explicar la transformación del barro en árboles y el agua en peces. Esta capacidad de movimiento en la naturaleza es posiblemente atribuida a la existencia de elementos invariables. Donde el cambio en el mundo viviente es atribuido a la puesta en acción de ciertas potencialidades que se constatan en el aumento de tamaño a través del tiempo.

No solo la caracterización del movimiento fue importante en estas explicaciones que comenzaron a diferenciar lo animado de lo inanimado, otras relacionaron las combinaciones de los elementos que lo conformaban, sus cualidades, estructuras y formas, por ejemplo, para Empédocles, los cuatro elementos que explican la composición del mundo son: el fuego, la tierra, el agua y el aire quedarían reducidos a tres en los seres vivos: viento, asimilado como el aliento vital; fuego, asimilado como la bilis, y agua como el origen del moco, cuyos elementos se mezclan y explican algunas variaciones en el mundo viviente, regidos por el aliento vital que alentaba los diferentes movimientos. (Smith, 1975).

Los filósofos griegos de Mileto, entre ellos Tales, Anaximandro y Anaxímenes pensaban que existía en común una sola sustancia que daba origen a todas las cosas y la alteración o cambio proporcionaba el insumo para convertirse en algo totalmente distinto. Sin embargo, Parménides asumía que la naturaleza tiene cambios constantes, percibidos por medio de los sentidos, haciendo un uso adecuado de ellos se podía posibilitar la superación de lo aparente, develando progresivamente las similitudes y formas presentes en la naturaleza. Las perspectivas animistas y mágico religiosas permitieron conformar explicaciones que reconocen a los seres vivos desde similitudes con la materia inanimada, fijando sus referentes sobre el funcionamiento de las cosas

partiendo de los supuestos que asocian la permanencia como esencia y el cambio como un suceso accidental.

### **5.1.2. Ideas animistas y mágicas sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis de los insectos.**

Las ideas animistas y mágicas del mundo natural permitieron establecer relaciones entre las creencias metafísicas y los fenómenos observados en la naturaleza, esto planteó nuevas preguntas relacionadas con la forma, perfección, procedencia e intencionalidad de los seres vivos, de alguna manera permitió conocer y dar explicaciones a fenómenos como por ejemplo la metamorfosis de los insectos.

Desde la antigüedad, las transformaciones en los organismos han estado presentes en casi todas las formas de explicar el mundo. No es casual que las ideas mágicas sobre la naturaleza hayan influido de forma significativa en los primeros conceptos sobre la metamorfosis de los insectos, explicaciones que se establecieron por medio de interpretaciones míticas de los cambios ocurridos y que se sustentaban analogándola con transiciones del mundo corpóreo o mundo de los vivos, al mundo intangible o mundo de los muertos. También se piensa que algunos estados de la metamorfosis de insectos en especial el estado de oruga corresponden a momentos de imperfección que son superados por la belleza, colorido y forma expuestas por la mariposa en el estado adulto como resultado del mejoramiento o perfección de la naturaleza.

Las ideas míticas de la metamorfosis se materializan por ejemplo, en la admiración y sobrecogimiento que en Egipto se generaron por su paralelismo con la resurrección. En varios de los textos de sus escribanos se comienzan a encontrar datos exactos sobre la metamorfosis del escarabajo estercolero, asociándolo a deidades y sus estados luego de la muerte, tal como lo menciona Pilatowski (2001) al describir al Dios Ra Aton:

El disco solar es generado de fluidos cósmicos capaz de vencer todos los males, a veces tiene dos brazos de cuyos extremos cuelga la cruz o el cartílago del faraón. En el brazo se ven dos serpientes suspendidas al disco solar, o sea el alto y el bajo Egipto. El escarabajo

es el símbolo de la resurrección, se recrea la figura del dios naciente Ra Aton, su giat, su metamorfosis es como el escarabajo que sale de la larva.

Los lepidópteros son probablemente los insectos con una carga simbólica más profunda por ejemplo, en el México prehispánico. De la Torre (1995) indica que de la larva a mariposa, el insecto cambia no solamente en su aspecto físico, sino en su contexto, su metamorfosis deber haber provocado un profundo interés en los antiguos mexicanos y quizás por ello es que identifican a la mariposa con el ser que se transforman los hombres luego de su muerte.

No solo en Egipto se orientaron estas miradas a la metamorfosis, en la cultura clásica occidental, representada principalmente por Aristóteles se va a dar un reconocimiento mayor a la observación como condición para el estudio de lo vivo. Dicho reconocimiento posiciona un sistema de razonamiento y jerarquización que pretende abarcar una explicación universal acerca de todos los fenómenos naturales. Por su parte Molina (2010) afirma que para Aristóteles, los animales más elevados en la escala natural son los vivíparos porque tienen calor vital suficiente para producir crías iguales a sus padres, los animales más perfectos son los de naturaleza más caliente, más húmeda y no terrosa. En otras palabras, existe una noción jerarquizada del mundo que se orienta desde lo más sencillo hasta lo más complejo y son regidos por leyes permanentes (la presencia o ausencia de calor) que organizan la naturaleza. Los seres vivos se ordenan según un plan que explica la presencia de organismos con caracteres constantes, de tal manera que el devenir de estos está, en cierto modo, determinado desde que nace.

En este contexto, la comprensión del mundo viviente se asume desde el orden que se establece en el alma de cada uno de ellos. El alma para Aristóteles está relacionada con la función y finalidad del organismo, un alma alejada del pensamiento mágico religioso; Molina (2010) a propósito de un análisis del pensamiento de Aristóteles plantea:

El alma es el fin pues como forma es función, y el fin de las partes de un animal y del organismo en su totalidad es la vida manifiesta en las funciones o atributos comunes y esenciales a todos los animales como la nutrición, la percepción y el movimiento... por tanto es investigando el alma entendida como las funciones propias de los organismos

como se pueden conocer las partes y funcionamiento de los animales es causa de la cosa viviente en tres aspectos: orígenes del movimiento, fin y forma.( p. 60.)

En otras palabras podemos interpretar que desde la óptica de Aristóteles el alma de un animal está definida como las capacidades que lo constituyen, desde la preponderancia de la causa o función final caracterizada por un ordenamiento y regularidad de las cosas. Según esta interpretación de los seres vivos se da paso de la mística concepción dual de la *psyché*<sup>3</sup> a una observación detallada de la naturaleza. Este será el primer aporte a las descripciones naturalistas de las transformaciones de los insectos.

Aristóteles va a complejizar aún más las explicaciones sobre la naturaleza,<sup>4</sup> pues fue uno de los primeros en realizar descripciones formales de las transformaciones de los insectos en el libro “*Historia Animalium*”. Este texto ilustra con detalle las mudas, las fases larvianas y la emergencia de la mariposa. No obstante, Costa & Vanin (2004) indican que en dichos escritos no queda clara la distinción entre huevo y crisálida (pupa), ya que en algunos pasajes se considera a esta última como huevo inicial del que emerge el insecto perfecto. Desde esta representación el cambio de un integrante del mundo natural se observa desde la puesta en acción de facultades que cada individuo tiene desde su nacimiento, y se representa en el cambio de tamaño o el cambio de apariencia.

Además de las ideas de perfección, la metamorfosis en los insectos, especialmente en la mariposa, supone el nacimiento por generación espontánea, asumiendo la presencia de un principio inmaterial que posibilita la emergencia de seres imperfectos (larva), el recipiente de generación de los insectos está representado en la materia inanimada, es decir se considera a los seres que no son engendrados. Bartolome (2010) muestra en una traducción de los textos de Aristóteles este pensamiento.

---

<sup>3</sup>La psique asumida como el alma animista, en donde se expresa el simbolismo: crisálida inanimada surge una vivaz mariposa, como si resucitara de la muerte. Un ejemplo de esta idea se encuentra representada en el sarcófago de Prometeo.

<sup>4</sup> Asumimos que Aristóteles complejiza el discurso animista sobre los seres vivos ya que su preocupación estuvo centrada en la forma de los seres vivos desde el punto de vista teleológico, es decir la finalidad de las estructuras.

Del rocío que cae sobre las hojas, en la primavera por ley natural, pero con mucha frecuencia también en el invierno cuando hace temperatura y sopla del viento del sur durante bastante tiempo, otros en el fango y el estiércol putrefactos, otros en palos, unos de árboles vivos y otros en palos ya secos, otros en los pelos de animales, otros en carne de los animales, otros en excrementos, de estos lugares nacen pequeños seres imperfectos impulsados en la escala más baja de los animales (p.98).

Aristóteles también intenta explicar las funciones de la clara y la yema del huevo, así como el proceso de la formación del embrión; dedicando cuidadosas descripciones a la reproducción de la abeja, sin particularizar la metamorfosis. Sus esfuerzos se dirigen a comprender las facultades o potencialidades que se encuentran en el huevo para formar un individuo, acudiendo a una noción de finalidad, referenciada en la idea que la naturaleza está ordenada en virtud del desarrollo o culminación estructural de la forma o esencia de cada sustancia. Entonces, los seres vivos se ordenan en un plan constante y su devenir está, en cierto modo, determinado desde que nacen. No obstante, estas apuestas explicativas obvian preguntas enmarcadas sobre la comprensión de la dinámica de la naturaleza: ¿La intención divina devela los mecanismos presentes en el mundo (viviente e inanimado)? ¿El crecimiento de un ser puede ser el resultado de una fuerza interior? ¿Qué lugar tiene el espíritu humano en la comprensión del mundo? ¿Cuáles son los sistemas de coordenadas con el cual el hombre puede descubrir el orden de la naturaleza?

### **5.1.3. Las estructuras visibles y su funcionamiento: el mecanicismo.**

El pensamiento mágico y animista, fue replanteado según Mayr (1995) a partir de los trabajos desarrollados por Galileo, Newton y Descartes, las interpretaciones sobre la naturaleza pasan de articular los eventos naturales con espíritus, dioses, almas y causas finales hacia una atención por determinar su funcionamiento partiendo las de leyes físicas, ya no es suficiente buscar y agrupar las analogías y similitudes de las cosas y lo vivo para comprenderlo, se hace necesario definir y describir las estructuras visibles.



Ahora ya no se trata de encontrar los indicios que atestiguan secretamente las intenciones las verdaderas intenciones de la naturaleza, es cuestión de penetrar en ellos, captar los fenómenos y unirlos entre sí por leyes hasta donde le sea posible al espíritu humano... el papel principal pasa de la voluntad divina al espíritu humano. (Jacob, 1984, p.39).

La mirada deja de fijarse en las señales de un ser supremo, nuevas pretensiones y preguntas relacionadas con la función de la naturaleza surgen entonces: ¿de qué forma funciona la naturaleza?, ¿qué relaciones existen entre sus partes?, ¿qué combinaciones permiten la presencia de ciertas estructuras? ¿Cuáles son las leyes que rigen dichas estructuras? Dichos cuestionamientos condujeron a la creencia que el mundo se podía describir objetivamente sin intervención del sujeto que observa. El ejercicio explicativo radica en la descripción de los elementos, de los fenómenos, eventos o estructuras, tal cual aparecen ante los ojos, en palabras de Jacob (1998) “el mundo consta de alguna totalidad fija de objetos independientes de la mente. Hay exactamente una descripción verdadera y completa del cómo es el mundo” (p.67).

Para este otro modo de ver la realidad, en el cual el mundo no es interpretado por nadie, solo existe en sí y es absoluto; es de especial relevancia el observar las cosas tal y como aparecen en la naturaleza, es decir, en su forma más simples<sup>5</sup>, descifrar la naturaleza corresponde al análisis específico de los fenómenos para hallar sus leyes. Esta representación dará cuenta de la descripción de la composición, disposición y mecanismos que rigen las partes de los animales y plantas, en otras palabras las estructuras visibles.

La noción mecanicista del mundo está expresada al considerar al cosmos como una maquina corpuscular, regida por pocas leyes específicas, que pueden explicar los fenómenos observados. Dicha forma de concebir lo vivo coincide con la concepción de mundo definida por Boyle (1985) para quien el funcionamiento del universo es comparable con el trabajo realizado por un reloj ingeniosamente diseñado. Todos los cuerpos, sean astros, piedras o seres vivos están sometidos a las mismas leyes.

---

<sup>5</sup>La idea de forma se refiere a las estructuras, diferente a la idea teleológica o de finalidad planteada por Aristóteles.

Salvatico (2008) afirma que el programa mecanicista fue asumido sobre los principios que todos los fenómenos naturales (no importa cuán complejos ellos sean), todas las propiedades sensibles e insensibles y las formas en que los cuerpos interactúan, pueden ser explicados causalmente en términos de disposiciones y movimientos (o reposo) de partículas de materia pequeñas e insensibles (corpúsculos) cada una de las cuales es caracterizada exclusivamente por ciertas propiedades fundamentales e irreductibles, forma, tamaño o impenetrabilidad. En consecuencia ciertas propiedades como el color, olor, forma y textura son entendidas como resultado del movimiento y la posición de los corpúsculos fundamentales que conforman el cuerpo, en donde, tanto a nivel macroscópico como a nivel corpuscular existen mecanismos que funcionan de forma similar a ciertas máquinas. Por ejemplo, Harvey, contribuye a la instauración del mecanicismo en el mundo vivo al mostrar la analogía del corazón con una bomba y la circulación como un sistema hidráulico.

Es a partir de estos postulados que las nuevas explicaciones se centran en admitir que los procesos biológicos son también mecánicos y como tal se reducen a las leyes de la física y la química. Se pasa de la explicación sobrenatural a la explicación mecánica de la naturaleza. En ese punto no se observa una distinción clara entre los seres vivos y los objetos inanimados, aún se acude a ideas de jerarquización y perfección, en palabras de Buffon, (citado por Jacob, 1982), se asegura que “se puede ir bajando gradualmente de la criatura más perfecta hasta la materia más informe, del animal más organizado a el mineral más tosco”.

Estos postulados, su análisis y la comparación de las formas permitieron entender los mecanismos de desarrollo, cambio y transformación en lo vivo, además contribuyeron a la invención de un lenguaje taxonómico de clasificación que dio paso a documentar la variedad de organismos en la naturaleza. Estos sistemas de clasificación nominaron, explicaron y dieron una forma particular de tipificar la diversidad de seres vivos en la naturaleza. Según Valencia et al. (2000) se inaugura la historia natural, instaurada en un hasta ahora exploratorio y descriptivo panorama, su finalidad inicialmente es familiarizarse con el objeto de estudio y luego señalar las características de las entidades de dicha naturaleza. Por su parte, Foucault (1968) señala que hacer la historia de una planta o de un animal era lo mismo que decir cuáles son sus elementos o sus órganos, qué semejanzas se le pueden encontrar, las virtudes que se le presentan, las leyendas

e historias en las que ha estado mezclado, los blasones en los que figura, los medicamentos que se fabrican con su sustancia, los alimentos que proporciona, lo que los antiguos dicen sobre él, lo que los viajeros pueden decir. (p.95)

El objetivo radica entonces, en dar una explicación sintética de la naturaleza y de los elementos que lo integran, estableciendo un conjunto de conocimientos sobre los seres vivos y del mundo inanimado, es decir, una actividad meramente descriptiva en donde enumerar de manera cada vez más completa y clasificar de manera más precisa permitirá entender la utilidad de las especies vivas.

La inauguración del trabajo descriptivo permitió emprender varios viajes de exploración a diferentes partes del mundo, en Sur América por ejemplo la Expedición Botánica intentó comprender la diversidad de este territorio, desde la observación rigurosa de cada una de las estructuras de los ejemplares vegetales. Fiel a la Historia Natural de la época, esta expedición procuró coleccionar plantas vivas, plantas secas, semillas, muestras de minerales, animales disecados, al igual que la elaboración de reportes escritos, elaborar mapas y generar ilustraciones de animales, personas y paisajes. Muestras que posteriormente fueron tratadas, secadas, preservadas, rotuladas, dibujadas y convertidas en diferentes tipos que al separarlos podrían ser fácilmente examinados y comparados con mayores niveles de significancia en su reorganización o reclasificación. Toda la representación gráfica de la época permitió simplificar buena parte de la complejidad de la naturaleza, domesticarla y hacerla inteligible.

Si se observa con atención, la representación en la historia natural de los elementos de la naturaleza tiene un carácter realista y supone la representación de los objetos tal y como son, en directa oposición a las elaboraciones imaginarias del arte y la fantasía. El registro visual de la naturaleza (“naturaleza” o “natural” como aquello que la mano del hombre no ha alterado, que es permanente) se representa como realidad sin intervención humana o, para decirlo de otra manera, las imágenes nos muestran hechos, no artefactos. Un fragmento de esta idea la encontramos en el texto de Gómez Ortega Ortega (Citado en Aréchiga & Beyer, 1999) cuando afirma que los trabajos deben limitarse a la naturaleza con exactitud especialmente las plantas sin procurar adornar o aumentar algo con su imaginación.

Toda esta búsqueda por exactitud en la descripción presupone una observación de las cosas tal y como aparecen ante los ojos, en su forma simple, de manera clara y distinta. Las descripciones mantienen una mirada exterior que no involucra explicaciones sobre el mundo interior, de alguna manera la preocupación por las relaciones entre los procesos que suceden dentro de los sistemas biológicos o vivos, solo se pone de manifiesto a través de las formas, los relieves y estructuras que permiten configurar un nuevo lenguaje, ese lenguaje que va a nominar a los seres vivos.

Como puede observarse hay un marcado interés por la descripción de las formas y las estructuras en la comprensión de los mecanismos que definen el comportamiento de lo vivo, no obstante, al respecto Mayr (1995) indica que aún no hay una distinción clara entre los organismos y la materia inanimada, pues no se han especificado los procesos de la vida, solo se enuncian leyes físicas y químicas que explican el movimiento de las engranajes de las partes al igual que en las máquinas.

La concepción de los seres vivos como combinaciones de estructuras visibles, no responde a las cuestiones sobre las relaciones internas que se establecen entre dichos elementos, de esta manera progresivamente la posibilidad de existir se sitúa en el interior mismo de los cuerpos (Jacob, 1984).

#### **5.1.4. Ideas mecanicistas sobre la metamorfosis.**

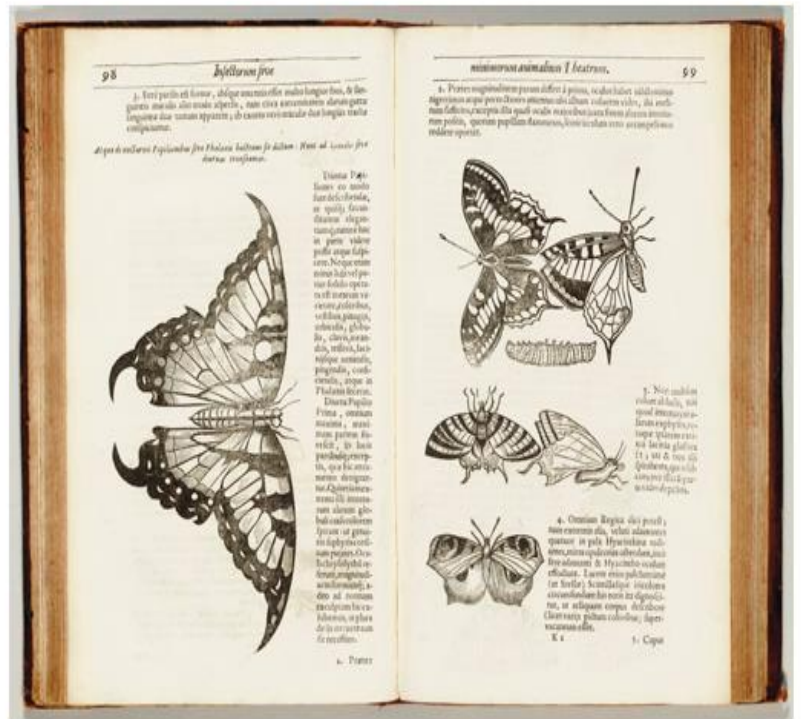
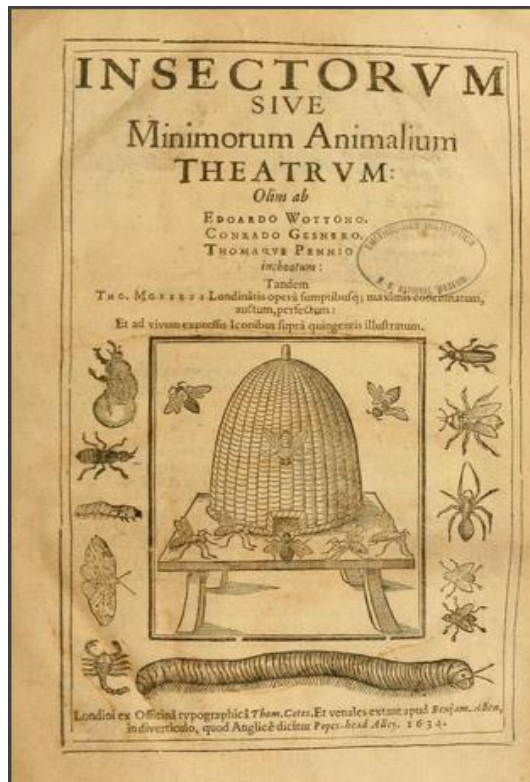
Con la inauguración de la historia natural, se da paso a la documentación de algunos procesos presentes en animales y plantas. El desarrollo instrumental y técnico fue muy importante en este avance, la invención de diversos aparatos permiten observar formas, estructuras y partes antes vagamente imaginadas.

Lejos de algunas creencias religiosas, algunos grupos de animales empezaron a formar parte de la clasificación de las escalas animales y vegetales. De alguna manera también los insectos fueron devueltos a su existencia completa dentro del reino animal y su estudio demostró ser muy

útil para resolver problemas relacionados con el desarrollo de los seres vivos. El creciente interés por estos organismos se ve representado en el redescubrimiento de “Historia Animalium” escrito por Aristóteles, este libro da pautas generales relacionadas con hábitos, clasificación y formas de reproducción de los seres vivos, en especial sobre los insectos y su metamorfosis. Es precisamente la traducción de este documento la que inspira a varios hombres a escribir e ilustrar enciclopedias de animales. Entre ellas “Insectorum Theatrum”, publicada y escrita en 1634, por Conrad Gesner, Thomas Penny y Thomas Muffet, donde se representa la primera monografía entomológica de la historia. En ella se observan dibujos morfológicos detallados del ciclo de vida de lepidópteros. Se inicia una discusión sobre las relaciones entre huevo, oruga y adulto, pues desde las observaciones desarrolladas queda manifiesto que los insectos no son creados desde la materia inanimada, es un proceso de cambio el que muestra la emergencia de la mariposa, cambio representado en las estructuras y formas.

Esta obra aporta datos de primera mano, muchas especies son perfectamente identificables, gracias a la descripción y a las abundantes ilustraciones donde se observa un claro avance respecto a todo lo conocido anteriormente. Belles (2014) menciona que Muffet y otros criaron especies de lepidópteros y coleópteros para poder observar y anotar cuidadosamente los detalles de la reproducción y metamorfosis, dando un progreso inédito y extraordinario para la época, hasta entonces la observación y descripción de la naturaleza se hacía directamente en campo desde las estructuras visibles.

No se puede afirmar que abandona completamente la idea animista, pues aun asumen que debe existir una fuerza, un aliento, un motor que posibilite el cambio de un ser terrestre a uno volador. Pero claramente estos textos que partieron de la idea de Aristóteles empiezan a privilegiar la observación y el detalle de las formas visibles.



Imágenes 3 y 4. Portada y gráfica de ciclo de vida de lepidópteros (*Insectorum Theatrum*)

La observación desde unas condiciones particulares (distintas a las naturales), permitieron un aumento en detalle de las descripciones, donde se instituye un campo de indagación sobre las estructuras y formas de los insectos. Surgen múltiples textos, entre ellos dos grandes enciclopedias del mundo animal que marcan la frontera de la zoología de la antigüedad clásica y la moderna: la de Conrad Gesner, de mediados del siglo XVI y la de Ulisse Aldrovandi, de principios del XVII. A diferencia de Gesner, Aldrovandi sí llegó a publicar el volumen de los insectos (Bellés, 2004).

Otros investigadores como Aldrovani, realizaron excursiones naturalistas a los Alpes de Verona, Livorno y a la isla de Elba con sus estudiantes. Para esta época, impulsó y dirigió uno de los primeros jardines botánicos que existieron, dependientes de la Universidad de Bolonia, así como un herbario y un gabinete naturalista.

El volumen de insectos de la enciclopedia de Aldrovandi conserva aún el estilo recopilatorio extensivo tan querido a los renacentistas, pero contiene numerosas observaciones propias, e incluso algunas disecciones. Aunque, como corresponde a la época, la denominación insectos es casi sinónima de invertebrados e incluye algún vertebrado de morfología equívoca, como el hipocampo, el esquema clasificatorio que aporta resulta lógico y se basa en caracteres con sentido taxonómico.



Imagen 5. Esquema de clasificación de los insectos publicada en *De animalibus insectis libri VII* De Aldrovandi.

Jan Goedart, pintor y naturalista, elaboró el primer trabajo dedicado específicamente a la metamorfosis, *Metamorphosis Naturalis*, escrito y publicado en 1662. Realizó ilustraciones de los insectos de forma detallada plasmada por medio de láminas dibujadas utilizadas como claves taxonómicas para identificar especímenes. También hizo la crianza de numerosas especies en cautiverio de insectos, particularmente lepidópteros con la intención de pintar los diferentes

estadios por los que atraviesan estos organismos, permitieron registrar la duración de cada uno, las plantas nutricias requeridas y la longevidad del adulto.

Son diversas las explicaciones que Goedart realiza en su trabajo, algunos autores como Bellés, (2014) rescatan que:

Seguramente el ver emerger pequeñas avispas del cuerpo de larvas o crisálidas de mariposas de varias especies, generó desconcierto y estupor en el autor, posiblemente las emergencias parecieron antinaturales que se desarrollase más de una especie a partir del mismo animal. Sin tener la más remota idea de que se trataba de lo que hoy se conoce como parasitismo, se vio inducido a formular explicaciones confusas sobre la metamorfosis pues del mismo tipo de pupa podía emerger o bien una mariposa, que era lo habitual, o bien, multitud de avispillas, deduciendo de ello que la misma pupa podría dar dos tipos de metamorfosis. (p.125).



Imagen 6. Ilustración de la mariposa *Nymphalis policleoros* L. Incluida en el primer volumen de la obra *Metamorphosis naturalis* (Middelburg, 1662) De Goedart.



Para entender este fenómeno de parasitismo fue necesario esperar otras explicaciones extremadamente cuidadosas, disecciones rigurosas y observaciones precisas de años posteriores como las realizadas por Jan Swammerdam en su texto “Historia Insectorum Generalis”, fue posible abrir paso a una renovada forma de explicar la metamorfosis de los insectos, descubriendo poco a poco toda una red de fibras, vasos y nervios entrelazados con precisión.

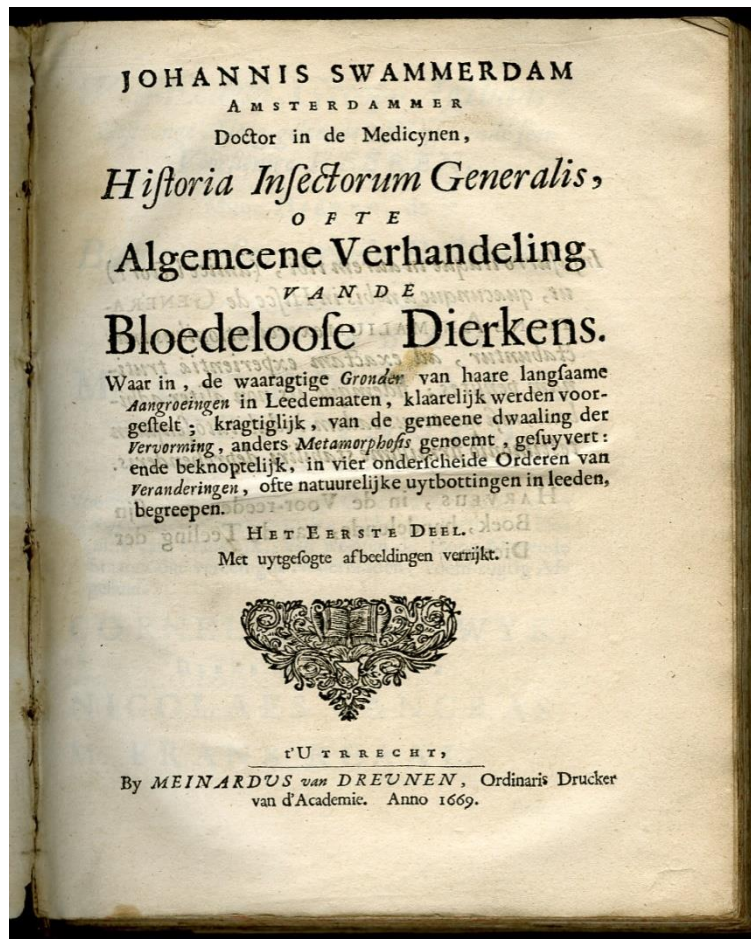


Imagen 7. Portada del libro Historia Insectorum Generalis de Swammerdan (1669).



Imagen 8. Diagramación de insecto incluido en *Historia Insectorum Generalis* de Jan Swammerdam con ayuda de lupa que mejora la posibilidad de ilustrar detalles del invertebrado.

Swammerdam también realiza numerosas observaciones sobre el ciclo y las transformaciones de varios insectos como el gusano de seda, el grillo, el escarabajo, la mariposa y los efeméridos, exponiendo ejemplos de anatomía fina, entre ellos la figura de una larva disecada con una serie de nódulos o ganglios característicos del sistema nervioso de los insectos (ver imagen 9).

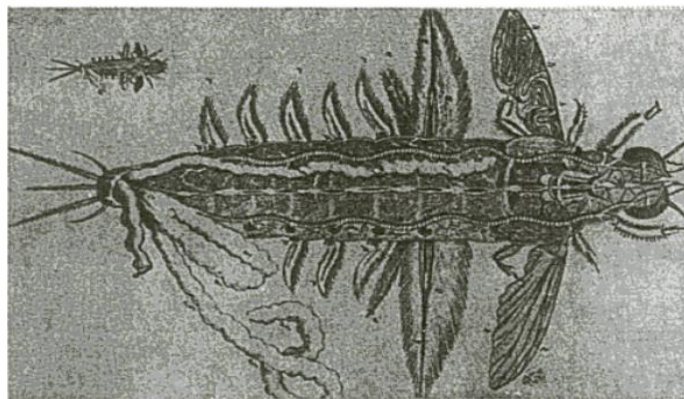


Imagen 9. Disección de larva de efemérido realizada por Swammerdam (1675) (citado en Lorente, *et al.*, s. f.)

Con el estudio anatómico de los insectos se desarrollaron nuevas ideas, particularmente Swammerdam rechaza la doctrina de la generación espontánea, expuesta siglos atrás por Aristóteles, sus trabajos lograron desarrollar pruebas experimentales que permitieron evidenciar en la descomposición de la materia orgánica el accionar de diferentes organismos. Este hecho sustituye la idea que sustentaba la procedencia de los organismos más simples de la materia en descomposición, sobre este tema (Papavero, Pujol, & Llorente (2001) afirma:

El estudio de la anatomía de los insectos llevó a Swammerdam a rechazar la doctrina de la generación espontánea, como lo hiciera en la época de Redi, pero más basado en razones metafísicas que en experimentos... Swammerdam afirmó: Los más finos detalles de los cuadros de Apeles, son groseros troncos comparados con la finura con que la naturaleza creó los órganos de los insectos. Los encajes más finos debidos a la mano del hombre no aguantan la comparación con la tráquea de un insecto. ¿Dónde encontrar un arte que pueda emular en fineza estos órganos? ¿Dónde un espíritu que pueda describirlos? ¿Dónde la perseverancia capaz de penetrar en sus partes minúsculas? ... como los órganos de los insectos no son menos complejos en estructura y no sirven con menor acierto a sus finalidades que los del hombre, es imposible admitir que los insectos y los animales inferiores sean engendrados por la descomposición de la materia inerte.

(p.178)

Se pensaba a las orugas de las mariposas como huevos imperfectos que están terminando su desarrollo en vida libre, cuando llegan a un tamaño apropiado, se transformaba en crisálida, fueron remplazados. Según (Belles, 2014), se interpretaba que el huevo contenía tan pocos nutrientes que el embrión se veía forzado a eclosionar antes de completar el desarrollo; durante las fases larvianas acumulaba suficientes recursos para llegar a la fase de un nuevo huevo, es decir, la pupa.

Con los estudios de Swammerdam se presentaron argumentos importantes para poder negar el este cambio súbito y milagroso de un organismo, afirmaciones que fueron posteriormente apoyadas por Francisco Redi. Se concebía entonces el huevo como engendrado por inseminación, y la materia putrefacta donde se les halla solo por emplazamiento, de nido donde los animales ponen sus huevos en la época de la generación y donde se encuentra su alimento; en otras palabras, nada se engendra en esa materia. (Jacob, 1984).

Papavero, et al. (2001) refiere que un aspecto adicional derivado de los trabajos de Swammerdam, es la exposición de la continuidad del ciclo de vida de los insectos, definiendo a los holometábolos como insectos cuyas alas se desarrollan bajo la cutícula larvaria mientras crecen, y mientras atraviesan una fase pupal quiescente antes de pasar a adulto.

De la mano de la historia natural y los estudios anatómicos de los insectos, Marcello Malpighi, va a marcar, con su sorprendentemente detallada anatomía interna de todas las fases de la mariposa de seda, un aporte fundamental en la construcción de explicaciones sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis de los insectos. Pese a los avances en el estudio de los insectos, todavía no se estructuran explicaciones relacionadas con el porqué del cambio interno en los insectos, especialmente en mariposas, pues las descripciones son de tipo morfológico (cambio en las estructuras visibles), no se hace presente una descripción de las relaciones que posibilitan estos cambios.

#### **5.1.5. Una mirada compleja de los seres vivos.**

La idea de ser vivo como un entramado de estructuras visibles no es suficiente para explicar lo observado en la naturaleza, se hace necesario el análisis y comparación no solo de los elementos que componen los objetos, sino de las relaciones internas que se establecen entre dichos elementos.

Así se abre paso a una diferencia clara entre las cosas y los seres vivos. Estas distinciones no radican en el movimiento o en la atribución de espíritus como se afirmaba anteriormente, se diferencian por su organización, determinando formas, propiedades, relaciones y comportamientos de los seres vivos (Jacob, 1984). En otras palabras, lo que confiere los atributos a lo vivos son las relaciones que se establecen entre las partículas que lo componen.

Estos primeros acercamientos dieron paso a un nuevo sistema explicativo edificado desde el análisis de los cuerpos vivos, los órganos accesibles a la observación y la forma en que se articulan entre sí desde su funcionamiento y totalidad. Un ser vivo no representa ya una simple asociación de estructuras que engranan de manera automática, es un todo cuyas partes dependen una de otra y cada una desempeña una función particular.

Los criterios de la clasificación taxonómica desarrollada de la mano de la historia natural solo representan un fragmento del organismo, una pequeña historia en la complejidad de relaciones que ahora son interés en el estudio de los seres vivos. La idea de organización biológica implica una relación entre lo visible e invisible, contrario a los presupuestos de la historia natural, un carácter no es importante a causa de la frecuencia en las estructuras, sino que es frecuente a causa de sus importancias funcional de los seres vivos. Castro (1995) afirma:

La clasificación de los seres vivientes continuará a desarrollarse en forma de cuadro ordenado, según el ideal taxonómico de la botánica, pero con una importante diferencia: dado que el carácter se refiere ante todo a la organización de los individuos, la clasificación no puede desarrollarse según el simple criterio de la visibilidad, es decir, a través de una nomenclatura de lo observable. La organización, la íntima relación entre las funciones y los órganos no definen a los seres según sus identidades y diferencias estructurales, sino a partir de la conformación interna del individuo. (p. 79)

Se emprende entonces una nueva forma de comprender al organismo, en palabras de Lamarck: las relaciones son siempre incompletas cuando solo tiene en cuenta un aspecto aislado, es decir, cuando están determinadas solo por la consideración de una parte tomada separadamente (Sloan, 1996). A partir de entonces, las estructuras tienen menos importancia que las relaciones entre ellos. Ya no es suficiente describir al organismo en campo o realizar ilustraciones de las estructuras visibles, para descifrar la naturaleza y hallar sus leyes no basta ya con investigar y agrupar las identidades y las diferencias entre las cosas y los seres, es necesario que los datos se articulen en profundidad, que se escalonen en función de las relaciones con un elemento de unificación, que sea condición de todo conocimiento.

La nominación o descripción no basta para visualizar la coherencia entre lo visible y lo oculto, es importante declarar al organismo como un conjunto integrado de funciones y de órganos; el ser no se considera como partes por separado, es un todo que se inserta en la naturaleza y establece relaciones con ella. Esta idea reestructura completamente el régimen de continuidad vigente en la historia natural, los estudios de anatomía comparada permite establecer las grandes funciones que se encuentran en la mayor parte de las especies, la introducción de la noción de funciones vitales y su relación con su estructura visible, indica que los seres respiran, se nutren, se reproducen y transforman la materia (Valencia, Méndez, Garzón, & Jiménez, 2001).

### **5.1.6. La organización en el estudio de la metamorfosis de las mariposas.**

La idea de la organización permite cuestionar la experiencia a través de los sentidos, recurrir a nuevas formas para explicar lo que ocurre, la metamorfosis deja de ser un evento definible a través de la contemplación o la descripción de las partes, para constituirse como un fenómeno sujeto a ser comprendido, desde la formulación de supuestos, delimitación de variables, caracterización de las sustancias, estructuras, condiciones, transformaciones y emergencias que lo hacen posible.

Las formas desde las cuales se describe la metamorfosis de las mariposas cambia, pasa de ser un asunto netamente descriptivo para indagar sobre las condiciones, en este sentido se encuentran trabajos como el desarrollado por René Antoine Ferchault de Réaumur, en donde centra la mirada en la influencia que tiene la temperatura para que se presenten los cambios de las moscas, estudios que le permitieron establecer una escala termométrica.

Además entre 1734 y 1757 publicó los seis volúmenes de sus “Mémoires pour servir à l’histoire des insectes”. A lo largo de sus casi 4.000 páginas describe la vida de numerosas especies de lepidópteros, dípteros, pulgones, abejas, y otros invertebrados, hasta los más pequeños detalles, no solamente basándose en la observación, sino en la experimentación. La modelización experimental permitió imponer condiciones, delimitar variables y formular supuestos abriendo un amplio estudio sobre la incidencia que tiene este tipo de modificaciones en los cambios presentes en la metamorfosis. Aparecen amplios estudios sobre los estadios de la metamorfosis de insectos, se establecen explicaciones sobre sus transformación a apoyadas en la inhibición de sustancias que más adelante serían denominadas hormonas. Para Moreno Del Cantor (2009) ciertos proceso naturales o de lo vivo (entre ellos la metamorfosis) no se pueden comprender mediante explicaciones “causa y efecto”, los fenómenos suceden por que los organismos son estructuras cuya organización no es efecto de causa externa, sino que se producen desde adentro.

Por ejemplo, los trabajos de Lyonet desarrollan una descripción detallada de la oruga del lepidóptero *Cossus cossus*, desde las relaciones del sistema muscular, nervioso, traqueal, vaso dorsal, aparato digestivo y excretor y la regulación por las conocidas en el momento como las glándulas mandibulares. Lyonet fue el primero en mencionar en la literatura científica la corpora allata, un par de cuerpos situados inmediatamente detrás del cerebro, entre el extremo anterior de

la vena dorsal y el esófago, encargada de la producción de la hormona juvenil, protagonista de la regulación de la metamorfosis.

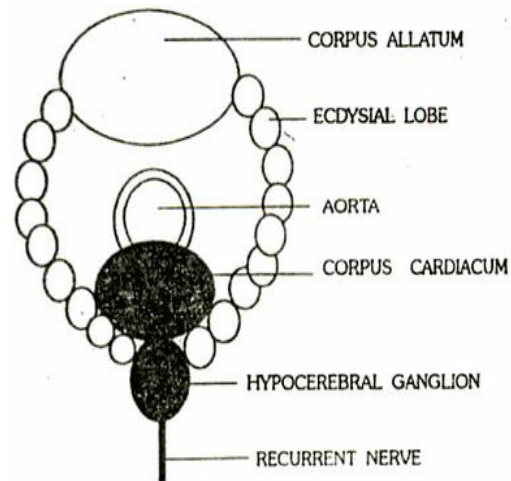


Imagen 12. Ubicación de Corpora allata.

No obstante, hasta el siglo XIX John Lubbock con sus estudios puso de manifiesto teorías sobre el origen de la metamorfosis, permitiendo consolidar explicaciones sobre las relaciones entre las partes, también disertaciones sobre el huevo, pupa, larva y mariposa como un mismo organismo en constante cambio, intensificando el debate relacionado con la idea de la mariposa como el adulto perfecto.

En este sentido, Hackel es uno de los primeros en reconocer que la cutícula de los artrópodos es un producto generado por la capa de células epidérmicas, la cual ya se define como célula quitinogénica. Con el avance en los estudios fisiológicos de los invertebrados, se profundiza con más detalle sobre la base endocrina de la metamorfosis antes desconocida. Weisman basado en los estudios del lepidóptero *Cossus cossus* propuso la función y los nombró como discos imaginales.

Para la década de 1930 Vincen B. Wigglesworth, realiza sus estudios sobre la acción de sustancias en la metamorfosis, las preguntas estaban mediadas por la acción de la hormona inhibidora como fue llamada en un primer momento la hormona juvenil. En sus escritos Wigglesworth revisa y amplía algunas de sus ideas anteriores sobre el control de la muda en

*Rhodnius* y define el papel de hormona juvenil en la respuesta celular a la muda en términos muy modernos, a pesar de la falta de conocimientos específicos en el época del desarrollo de los órganos en los diferentes estados de la metamorfosis. *Rhodnius* fue en muchos sentidos el insecto ideal para el estudio de la fisiología de la muda y la metamorfosis porque solo se produce cuando la ninfa se alimenta. La metamorfosis normalmente se produce al final del quinto estadio ninfal. Por lo tanto, el inicio de los procesos que conducen a la muda puede ser fácilmente manipulado y utilizado de una manera sistemática para definir los procesos que ocurren durante la muda y conduce a la formación de la nueva cutícula y la ecdisis posterior. Por otra parte, Wigglesworth utiliza esta información para su ventaja en la determinación de la regulación hormonal de la muda y la metamorfosis por el uso de una técnica llamada parabiosis, en el que dos o más insectos se unieron quirúrgicamente juntos de modo que tenían un suministro (sangre) hemolinfa común. Por lo tanto, una hormona de circulación producida por uno en una cierta etapa podría afectar a los tejidos de la segunda, cuando la hormona no era normalmente presente.

Wigglesworth también mostró que el *allata corpora* produce una hormona que inhibe los mecanismos que actúan y hacen que el insecto no forma la pupa antes del tiempo requerido. Si el *allata corpus* es retirado de una larva de tercer estadio, la muda siguiente vuelve a la larva en un adulto precoz. A la inversa, si el *allata corpora* a partir de larvas de cuarto instar se implantan en larvas que están en un estadio superior mudan en larvas extremadamente grandes, en lugar de adultos.

Los conocimientos actuales sobre el cambio y la permanencia en la metamorfosis muestran la complejidad que ha traído consigo reconocer este evento, partiendo de que se tuvo que superar explicaciones sustentadas desde la experiencia proporcionada a través de los sentidos, para reconocer en ella mecanismos, condiciones y relaciones por medio de modelos experimentales que otorgaron un campo desde el cual se aplicaron variables y se lanzaron hipótesis que dieron paso a determinar la composición de sustancias, su transformación y accionar dentro de este evento. La historia de las problematizaciones y las construcciones hechas desde las ciencias constituyen un panorama que aporta elementos fundamentales para comprender la transformación que han tenido las ideas, los obstáculos que se tuvieron que superar para comprender que este tipo de fenómeno no se puede asumir desde una estricta causalidad causa-efecto evidenciable por las modificaciones morfológicas apreciables a simple vista.



## **5.2. Construcción de explicaciones en el aula de ciencias.**

En este trabajo la ciencia se asume como una actividad que posibilita la constitución de explicaciones sobre los diferentes fenómenos, ya que se está histórica y socialmente configurada no solo en la historia de la disciplina, también en la historia de su enseñanza (Orozco, Valencia, Méndez, Jiménez, & Garzón, 2003). Siendo consecuentes con lo anterior, no es posible llegar a verdades definitivas sobre este fenómeno particular, lo fundamental, lo más importante es la construcción de explicaciones provisionales desde la interacción con otros y la vivencia de experiencias problemáticas en constante construcción que las nutre (Castro, 2005). Lo dicho anteriormente muestra un imperativo en la transformación de las prácticas pedagógicas en el aula y la búsqueda de alternativas que permitan comprender los nuevos significados y posibilidades que ofrece la enseñanza de las ciencias, asumiendo esta también como una actividad cultural.

Por su parte el maestro posibilita la configuración del fenómeno, es decir el docente es un agente activo, reflexivo, participe y dinamizador, de la explicación y la experiencia, el cual está inmerso en ella desde la puesta en común de las preguntas que tiene que ver con la naturaleza del conocimiento histórico y epistemológico, sus procesos de producción y sus estrategias de legitimación social. Desde esta perspectiva se posiciona al docente como un profesional de la cultura, como un sujeto histórico que tiene imaginarios, ideales y sentidos desde los cuales se orienta su actividad pedagógica. Esta postura permite reconocer al sujeto como un constructor de explicaciones que responden a la confluencia de ideologías y aspectos socioculturales que posibilitan repensar las acciones y esfuerzos que direccionan la enseñanza de las ciencias desde la puesta en escena en un contexto particular. El contexto no es fijo y definido, sino que se transforma con la actividad misma. Desde una perspectiva del estudio de la actividad social, Jean Lave (2001) (Citado en Gómez, (S.F)) se considera el contexto como un mundo social constituido en relaciones con personas actuantes, tanto el contexto como la actividad parecen inexorablemente flexibles y cambiantes.

Desde este contexto concebir la ciencia como una actividad cultural permite evidenciar un proceso de construcción de conocimiento que involucra la elaboración de explicaciones, constitución de conceptos y teorías científicas, así como la formulación de soluciones a problemas del entorno natural y social. A propósito, Orozco, et al (2003) indican que asumir el conocimiento como una actividad de construcción de explicaciones involucra pensar un tipo de actividad que está social e históricamente legitimada y como tal es contextual y provisional. De esta manera, en el contexto escolar, esta actividad exigen considerar el aula como un sistema de relaciones en donde las representaciones individuales se expresa, alteran y coexisten con otras; según Jiménez, Vargas & Méndez (2013)<sup>6</sup>el aula permite a quienes la integran concebir la ciencia y la enseñanza de las ciencias como elaboraciones discursivas colectivas que están determinadas por las condiciones de un lugar y de un tiempo particular.

Este proceso explicativo involucra la construcción permanente, negociación de intereses y apuestas argumentativas que llevan al sujeto hacia formas de comprensión intencionada que permite dar un orden al mundo con el cual se experiencia, en donde, la enseñanza de las ciencias se piensa como la puesta en acción de estrategias de transformación cultural que genera relaciones alternativas, con la información, con los otros, con la experiencia y con el entorno natural, en la que se actualiza el sujeto y es posible construir diferentes formas de ser, hacer y pensar el mundo (Orozco, et al, 2003).

Desde este panorama se vinculan formas de explicar la naturaleza y los fenómenos que acontecen en ella. Estas explicaciones muestran diferentes momentos y niveles de comprensión de estos fenómenos como la aproximación a preguntas, descripción de eventos o procesos, delimitación de condiciones y la construcción de diversas formas de explicar.

La idea de explicación presenta una gran diversidad de conceptos que intentan definirla. Gómez (S.F) propone cuatro grupos: El primero está relacionada con la ampliación de un significado, es decir, explican qué es algo, lo hace entendible o lo clarifican. El segundo grupo de explicaciones son usadas para justificar, lo que implica apelar a normas, estándares o valores establecidos. Un tercer grupo se utilizan para describir qué pasa o sucede, se introduce generalmente una

---

<sup>6</sup>En el módulo *El aula como sistema de relaciones, módulo de trabajo II, 2013*, abordado en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional.

secuencia temporal. El cuarto grupo establece causalidades, en la cual se introducen los mecanismos que causan el patrón observado.

Por su parte Candela (1997) propone las explicaciones como aquellas expresiones verbales que tienden a comprender un hecho, objeto, fenómeno o idea. Esto es, que van más allá de una descripción, para tratar de encontrar las causas que lo provocan o permiten entenderlo. Donde se intenta confrontar las partes y convertirlas en un todo desde la descripción que permite una mayor capacidad explicativa, en una búsqueda de coherencia entre los diferentes saberes que manejan. Esta confrontación social parece ser un factor importante en la evolución de las explicaciones construidas en el aula.

Por otro lado Eder & Adúriz-Bravo (2008) indica que para qué enseñar la explicación, requiere no sólo pensar en el nivel educativo sobre el que se formula la pregunta, sino también revisar algunas posibles respuestas que no necesariamente son excluyentes: comprender el mundo, intervenir en él, construir más ciencia, preparar ciudadanos, capaces de preguntarse por el qué, el para qué y el cómo de un proceso determinado. La explicación es una actividad situada que se desarrolla en un contexto dinámico que permite la organización y unificación del conocimiento, la comprensión de diversos fenómenos y su complejización.

## **6. DISEÑO DE LA RUTA METODOLÓGICA**

El marco metodológico contempla tres partes. La primera desarrolla una caracterización de la investigación cualitativa interpretativa como posibilidad para dar cuenta de la construcción de explicaciones a propósito de la permanencia y cambio en la metamorfosis de insectos. La segunda muestra la construcción de la estrategia de aula, que permitió la discusión y reconstrucción del consecutivo histórico del análisis de la metamorfosis a la luz del cambio y permanencia generada por el equipo de trabajo. Y la tercera describe la ruta de observación y análisis de los resultados.

### **6.1. El privilegio por lo cualitativo**

Este trabajo se orienta desde la perspectiva cualitativa, para Vasilachis (2009) esta mirada emplea métodos de explicación flexible y sensible al contexto social en el que los datos son producidos. Se centra en la práctica y se basa en un proceso interactivo en el que intervienen el maestro-investigador y los participantes, de forma significativa desde el contexto de la teoría, provee nuevas perspectivas sobre lo que se conoce, describe, explica, elucida, construye y descubre. Aborda ideas, experiencias, interacciones, creencias y pensamientos presentes en situaciones propiciadas en el aula de clase a propósito del análisis del cambio y permanencia en la metamorfosis en insectos.

El enfoque de la investigación se enmarca en el cualitativo interpretativo, al respecto Erickson (1997), se refiere como una posibilidad de responder preguntas relacionadas con la acción social, el significado de esta acción, su organización y relaciones. De este modo los procedimientos desarrollados pueden ser una herramienta que de principio sirvan al profesor y al cuerpo académico de una institución, como recursos para el reconocimiento de sus procesos de trabajo y la reflexión sobre los mismos; el registro por los docentes de esas actividades puede generar diálogos distinto a la mirada cuantitativa en donde el sujeto no participa en la construcción del fenómeno, no va más allá de una descripción estadística.

Lo anterior permite realizar un trabajo sobre las explicaciones de maestros y estudiantes, partiendo de reconocer que el maestro es sujeto situado en la enseñanza y desde ella interpreta su que hacer y el estudiante como sujeto activo en el proceso de aprendizaje.

## **¿Quiénes construyen? participantes en el proyecto y su caracterización.**

Los participantes de la investigación son dos docentes en formación de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, participan en calidad de reconstructores de su propio saber académico y disciplinar sobre permanencia y cambio, y estudiantes de grado cuarto del Colegio Parroquial Santo Cura de Ars, institución de carácter privado, que atiende a poblaciones de estratos socioeconómico 2 y 3, cuya visión y misión está fundamentada en orientar y estructurar los contenidos que se enseñan desde los diferentes campos hacia el reconocimiento de los preceptos católicos como ejes fundamentales de enseñanza.

### **6.2. Construcción de la estrategia de aula.**

El diseño de la propuesta de aula se estructura desde dos acciones. La primera, soportada en la idea que el fenómeno de la metamorfosis es construido desde la observación, descripción y explicación del mismo. La segunda, fundamentada en una serie de discusiones históricas que permiten dar forma a las pretensiones en el aula y a su vez direcciona la ruta de observación del trabajo desarrollado por los estudiantes.

Desde estas ideas la constitución de las guías de trabajo en el aula, se desarrolló en diferentes etapas de discusión por parte de los docentes investigadores, a medida que se realizaban hallazgos teóricos se enriquecía la propuesta de aula. Dichas etapas son desarrolladas a continuación.

#### **6.2.1 Primer momento: ir más allá de lo evidente.**

En ocasiones la forma como observamos los cambios del mundo natural nos dan una sensación de constancia de hechos cotidianos, continuos y repetitivos, pero cuando reflexionamos sobre estos suelen presentarse como intrascendentes. Es probable que el pensamiento estructurado desde este tipo de aproximaciones asuma lo observado como eventos dados, establecidos y obvios, por ejemplo, los cambios que no miramos por obviedad pueden ser mucho más complejos de lo que aparecen a nuestros ojos.

El proceso de metamorfosis no escapa a esta mirada inicial, normalmente la explicación se centra en las modificaciones de tamaños, forma, cambio de color que responden a requerimientos nutritivos, de crecimiento y reproductivos particulares.

El primer momento de discusión para los maestros investigadores la intención de las guías estuvo vinculada a la formulación de preguntas relacionadas únicamente con el fenómeno de la metamorfosis, especialmente con el ciclo de vida de los anfibios y mariposas. Estas primeras preguntas se direccionaron a indagar por los cambios de los organismos y su relación con el medio, se asumió para ese entonces la metamorfosis como un evento dado, es decir de fácil acceso, se privilegió la experiencia primera y superficial sobre el fenómeno y las preguntas que cuestionaban los conceptos asociados, se centraron en reconocer directamente la metamorfosis desde una postura, lineal, determinista, simple y predictiva. La metamorfosis vista así se postula como una transición de partes como se observa en la siguiente tabla, que da cuenta del primer nombre de la única guía propuesta hasta el momento.

<b>PRIMERA FASE PROPUESTA</b>	<b>INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>PREGUNTAS</b>
<b>CONOZCAMOS LA METAMORFOSIS</b>	Reconocer la metamorfosis en los organismos	¿Se presentan los mismos cambios en insectos y anfibios? ¿Qué es la metamorfosis? ¿En qué tipo de organismos podemos observar la metamorfosis? ¿Qué define la metamorfosis? ¿Qué caracteriza la metamorfosis?

Tabla 1. Primer momento de discusión sobre la estrategia de aula por parte de los maestros investigadores.

Esta primera mirada fue reformulada desde el análisis histórico y teórico, formulando un material más completo y riguroso. Fue necesario incorporar nuevas formas de preguntar y rutas de explicación que permitiera a los estudiantes someterse a los mismos cuestionamientos que los docentes ahora estaban colocando en tela de juicio.

### 6.2.2. Segundo momento: primeros acercamientos del cambio como forma de explicación.

El segundo momento se vinculó a las nuevas pretensiones apoyadas desde discusiones teóricas que apuntaron a la resignificación de las formas de preguntar y acceder al fenómeno. Se comienza a dar fuerza a las ideas relacionadas con el cambio en los sistemas vivos y posibles explicaciones en la metamorfosis.

SEGUNDA FASE PROPUESTA	INTENCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PREGUNTAS
Los cambios que observamos.	Identificar las ideas sobre cambio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Para ti qué es un cambio?</li> <li>• ¿De qué manera puedo percibir que algo cambia?</li> <li>• ¿Existe algún objeto que nunca cambie? ¿podría existir algo desde siempre?</li> </ul>
Los cambios en los sistemas vivos: la metamorfosis.	Reconocer los cambios en el sistema viviente.	<p>¿Explica los cambios de las plantas?            ¿Cuáles son los cambios en los organismos?            ¿Cómo sabes que los organismos cambian?            ¿Qué factores afectan los cambios en los organismos?</p>

Tabla 2. Segundo momento de discusión sobre la estrategia de aula por parte de los maestros investigadores.

En la constitución de explicaciones se vincula el cambio como eje primordial para comprender la metamorfosis, no obstante, el abordaje de las pregunta y las actividades asociadas estaban alejadas de la posibilidad de generar diferentes ambientes que apuesten por la crítica y confrontación de las primeras ideas que permite constituir la metamorfosis como un fenómeno desde el cual se cuestiona, problematiza y aproxima a la elaboración de explicaciones.

### 6.2.3. Tercer momento: la consolidación de tres rutas de aula, el cambio y la permanencia en la metamorfosis de insectos.

Luego del trasegar conceptual y explicativo de los anteriores momentos, se estructuran finalmente tres guías de trabajo a la luz de los hallazgos teóricos, expuestos a continuación.

Este tránsito se transformó en una discusión constante entre la revisión y constitución del campo de conocimiento para la disciplina a nivel histórico- epistemológico como una gran transposición didáctica y pedagógica derivada por los docentes; de tal manera que dichas reflexiones posibiliten no solo la construcción de la estrategia de aula, sino también la emergencia de las rutas de observación y análisis para dar cuenta de las explicaciones generadas por los estudiantes implicados en esta experiencia. Este recorrido conceptual se configura desde Valencia, *et al*, 2000; Mayr, 1995; Jacob, 1984; Jacob, 1998 y desde la reflexión del maestro en su quehacer en el aula.

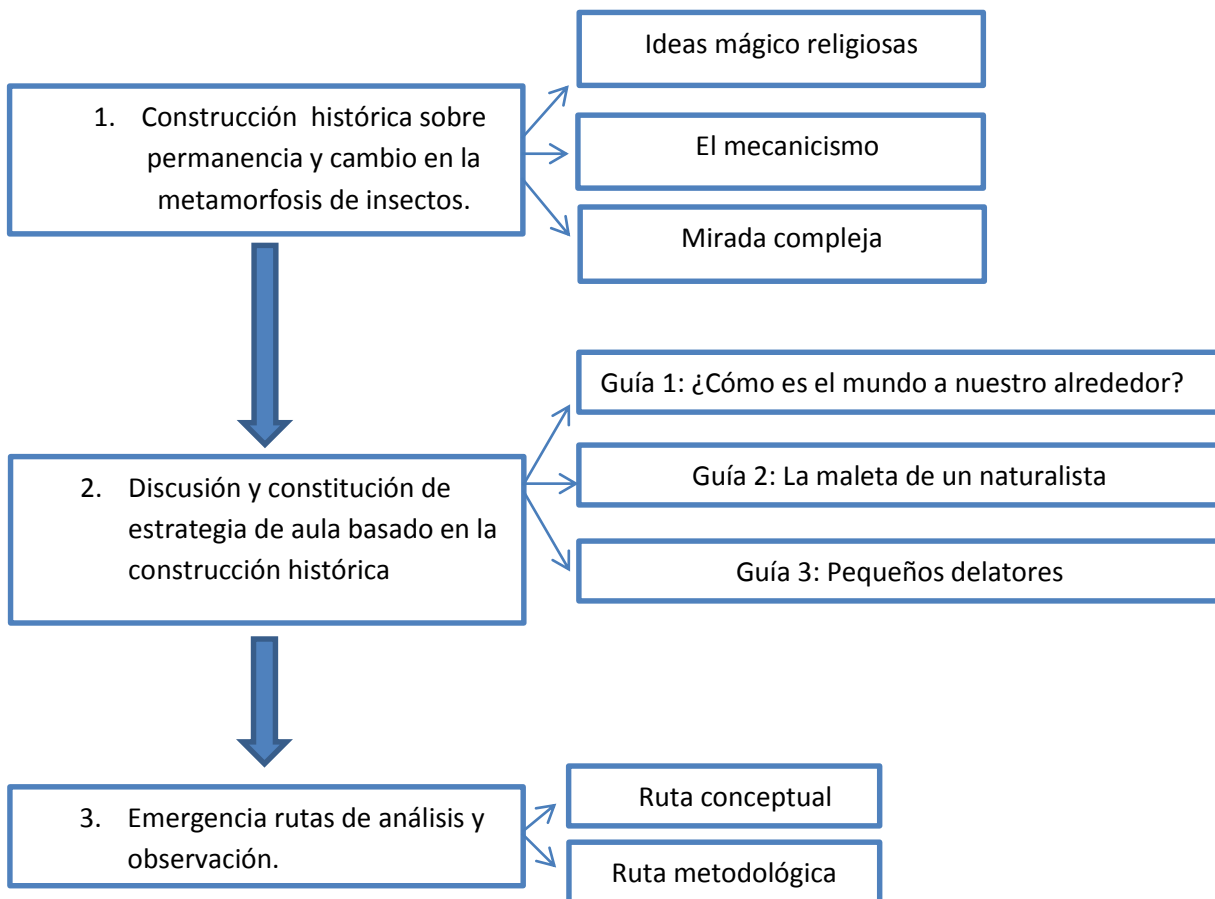


Grafico N°1 Fases de trabajo conceptual y construcción de estrategia de aula.



En este sentido, la configuración de la estrategia de aula se deriva de las diferentes reflexiones ilustradas en el marco teórico en tres momentos desde lo propuesto por Rodríguez, Sánchez, & Silva (2105).

Un primer momento implicó la revisión histórica y epistemológica, en ella se reconoce inicialmente lo que denominamos “la mirada mágico religiosa”, en esta instancia se encuentran explicaciones en donde se reconocen elementos animistas, caracterizada por obviar una distinción entre lo vivo y lo inanimado, en esta mirada se centró en la primera unidad de observación, se organizaron las primeras reflexiones alrededor de las explicaciones posibles derivadas de actividades intencionadas sobre preguntas de eventos naturales cotidianos como el día y la noche, los cambios visibles en la luna y otros.

Todos estos artilugios no tenían otra intención que reconocer las formas que usan los estudiantes para dar cuenta sus primeras y generales miradas a propósito de lo que podría cambiar o permanecer en cada situación relacionada con la metamorfosis. Esta estrategia se organizó en forma de guía **¿Cómo es el mundo a nuestro alrededor?** En ella se describen situaciones que muy seguramente vivieron los primeros hombres frente a los fenómenos de la naturaleza, se plantean sus posibles explicaciones y se cuestiona a los estudiantes sobre sus propias explicaciones a propósito de lo que cambia y permanece en fenómenos macro de la naturaleza, el día y la noche, las estaciones, los cambios en el relieve y el paisaje, hasta los fenómenos macros de las transformaciones de los sistemas vivos como la metamorfosis de los insectos y los anfibios, todo este trabajo busca de alguna manera evidenciar los mitos, miradas ingenuas, explicaciones generales y demás aspectos que den cuenta de ideas animistas sobre los fenómenos de cambio y permanencia de los fenómenos naturales incluida la metamorfosis, aquí la ruta explicativa es mágica, mítica e incluso espiritual, refleja un poco el nacimiento de las primeras descripciones sobre fenómenos naturales, recapitula la soberanía de la explicación vitalista de los fenómenos naturales

En un segundo momento emerge la idea de cómo explicar los fenómenos naturales más desde la pregunta, desde la observación detallada y meticulosa de la naturaleza; seguramente emulando a los grandes naturalistas como Humboldt, esta nueva aproximación a los fenómenos de cambio y permanencia, permite entre otros aspectos, detallar la observación de las estructuras y establecer

nexos entre ellas como si se trataran de grandes y eficientes máquinas , esta aproximación al modelo mecanicista desde una mirada histórico natural, privilegia la descripción detallada de las partes visibles y su funcionamiento incluso con leyes de la fisicoquímicas sobre los procesos de cambio y permanencia en la metamorfosis. Estas ideas se van plasmando en la en la guía 2 de trabajo titulada **la maleta de un naturalista**. Se incita al estudiante a actuar y pensar como un naturalista, observando juiciosa y detalladamente el fenómeno de la metamorfosis y así determinar las probables explicaciones de cambio y permanencia que allí acurren, en esta guía se busca dibujar y explicar los detalles tal y como lo haría un naturalista, las diferencias entre huevos, larvas pupas y adultos en sus sucesivas transformaciones, todo esto obliga al estudiante a centrarse en el ciclo de vida, de un insecto o de un anfibio, se exploran los diferentes tipos de metamorfosis, completas, incompletas y se establecen las principales semejanzas y diferencias como si se buscaran leyes universales que pudieran explicar los fenómenos de cambio y permanencia asociados al fenómenos de metamorfosis de cualquier animal (anfibio e insecto) este sincretismo entre la explicación mecanicista y la descripción naturalista permite un nuevo orden de explicaciones en el aula de ciencias, que ya no depende de la intuición o de la magia.

En un momento final, la ruta de trabajo trasciende las explicaciones mecanicista y su acercamiento desde modelos naturalistas del mundo, ahora se identifican aspectos relacionados con la organización, la emergencia de modelos simbólicos y como cualquier postura cientifista contemporánea, se incluye el método como protocolo para la comprensión y explicación de los fenómenos naturales, además se complejiza el discurso de la metamorfosis al incluir variables externas y sinérgicas que se permiten la pregunta por lo interno y lo no visible, desde otra explicación diferente a la magia. Se espera entonces una explicación del cambio y la permanencia de los fenómenos de metamorfosis desde las transformaciones mismas, el cambio en las sustancias y relaciones de las hormonas o el sistema endocrino, el cambio en los procesos de desarrollo y crecimiento en el ciclo de vida de los insectos, explicaciones más sistémicas están ahora emergiendo, estas nuevas ideas son traducidas en la guía n° 3 titulada **Pequeños Delatores**. Esta última ruta de trabajo aprovecha la entomología forense para formular por ejemplo, la pregunta por las diferencias en tiempos y movimientos de cada ciclo de vida asociados a la metamorfosis de diversos insectos, adentra en las explicaciones sobre las hormonas y sus papel en los cambios de estadios en la metamorfosis, cuestiona el papel de los

factores externos como el clima, la temperatura, o las condiciones de luz y sombras en las transformaciones que ocurren durante el fenómeno de la metamorfosis. El recorrido es ahora por las explicaciones desde la fisicoquímica, del metabolismo, será necesario seguirle la pista a los insectos y sus cambios desde la ciencia moderna, la entomología forense, el análisis de la metamorfosis en un laboratorio, ya no describiendo partes y relaciones, ahora macerando y extrayendo sustancias químicas que en determinadas concentraciones pueden dar cuenta del cambio y la permanencia para finalmente llegar al mariposario como posibilidad de comprender fenómenos naturales en ambientes artificializados como son las ciudades, todo en un modelo de simulación de condiciones para producir nuevas re significaciones de sentido.

GUÍA	Momentos conceptuales e históricos
Guía 1. ¿Cómo es el mundo a nuestro alrededor?	La experiencia sensible (de primera mano con el fenómeno de cambio y permanencia) desde miradas mágico religiosas.
Guía 2. La maleta de un naturalista.	El privilegio por formas, estructuras visibles, colores, partes, desde los postulados mecanicistas, apoyado en la observación detallada lo visible.
Guía 3. Pequeños delatores	Comprensión de la dinámica interna del organismo, desde sustancias, transformaciones, nuevas emergencias y el proceso de artificialización, desde una mirada reconstructiva.

Tabla N°3 Resumen de los momentos conceptuales y metodológicos asociados a las tres guías de trabajo.

### 6.3. Ruta de observación y análisis.

Las rutas de observación y análisis de resultados se construyeron teniendo en cuenta el recorrido histórico y conceptual, desde los cuales se pretende observar la manera como configuraron explicaciones los estudiantes sobre la permanencia y cambio en los sistemas vivientes.

Algunas rutas de observación abarcan las formas de aproximación al cambio y la permanencia en la metamorfosis desde un aumento en la complejidad de observación del fenómeno, de esta manera estas rutas de observación se denominaron: **(MGES) Mirada gruesa: la experiencia**

**sensible; (DVMN) Detallar lo visible: la mirada naturalista y finalmente (MCRS) Mirada constructiva y reconstructiva “la reflexión y re significación.** Estas rutas se observan en todo los momento de la investigación, son producto de diferentes análisis; por un lado la re significación histórico y epistemológica del fenómenos de metamorfosis a lo largo de la historia de las ciencias, por otro lado, las tensiones y discusiones de los docentes sobre su propio saber disciplinar en la búsqueda de un nuevo saber escolar para la enseñanza del el cambio y permanencia asociado al fenómeno de la metamorfosis y finalmente del análisis de la complejizacion de explicaciones en los estudiantes durante el desarrollo de la propuesta de aula

De una forma general, la categoría MGES pretende identificar las ideas contemplativas y someras que sobre el fenómeno de la metamorfosis, cambio y permanencia tienen los estudiantes; las explicaciones desde la experiencia que tenemos de primera mano con el evento, es decir, desde el asombro y la curiosidad en su forma más sencilla.

La categoría DVMN, pretende dilucidar las ideas desde la cuales los estudiantes logran realizar descripciones detalladas del fenómeno mediante observaciones detalladas y más concisas de las estructuras asociadas a la metamorfosis; permite pensar el cambio y permanencia en la desde las leyes físicas, donde se hace necesario definir y describir las formas visibles y establecer sus funciones, es decir el privilegio de las estructuras por encima de las interacciones.

Y en la categoría MCRS, se intentan cuestionar la experiencia cotidiana y las formas más simples de la observación, posibilitando la formulación de nuevas preguntas y formas de aproximación al fenómeno natural estudiado, de esta manera construir diferentes explicaciones sobre cambio y permanencia a propósito de la metamorfosis. Se asume el cambio y permanencia en la metamorfosis como una relación entre el entorno y el organismo, como un proceso que constituye las dinámicas, funcionamientos, emergencias y transformaciones de los constituyentes de lo vivo.

Estas rutas de observación permitieron realizar el análisis de los diferentes hallazgos luego de implementar la estrategia de aula, con los datos obtenidos mediante grabaciones de audio, análisis de contenido de lo escrito y expresado por los estuantes en las guías y reconfiguración de sentido por parte de los docentes investigadores.

## 7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

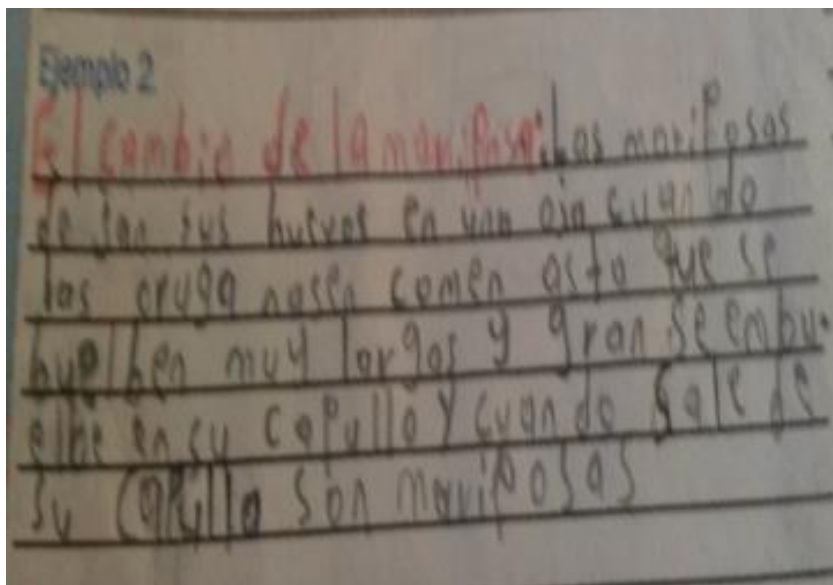
Este apartado se estructura en dos partes, la primera muestra la forma como se organizaron unas rutas de observación utilizadas como referentes conceptuales y metodológicos para la construcción de explicaciones por parte del docente de ciencias, y la segunda deja ver las explicaciones que han venido haciendo estudiantes de grado 4 a propósito de lo que cambia y permanece en el proceso de la metamorfosis. Teniendo en cuenta el análisis desde 3 rutas de aula denominadas: cómo es el mundo que nos rodea, la maleta de un naturalista y pequeños delatores, se organizó de tal manera que permita mostrar la forma como estudiantes y maestros rectifican y enriquecen sus explicaciones por medio de esta experiencia, registradas por medio de grabaciones de audio y fotografías.

### 7.1. Reflexionando sobre la experiencia.

A lo largo de los resultados y los análisis observaremos cómo estudiantes y maestros, complejizaron explicaciones sobre el cambio y permanencia en la metamorfosis de los insectos. Partiendo de las interpretaciones que la asumen como unas modificaciones deducibles a simple vista desde su forma, color, textura totalmente independiente a las condiciones externas, o a la acción de la transformación de sustancias, relaciones externas que la hacen posible. El sujeto como un observador que se limita a contemplar el fenómeno porque en él está representada la perfección de un creador, las transformaciones sufridas ocurren debido a una transición necesaria que tienen los organismos hacia un estado superior, el insecto imperfecto (larva) y el perfecto (mariposa). La expresión de estas fuerzas sobrenaturales se encuentra desde el origen de los seres y las cosas, su acontecer y su finalidad. Interpretaciones similares se encuentran en algunos textos como el de Aristóteles “Historia animalum”:

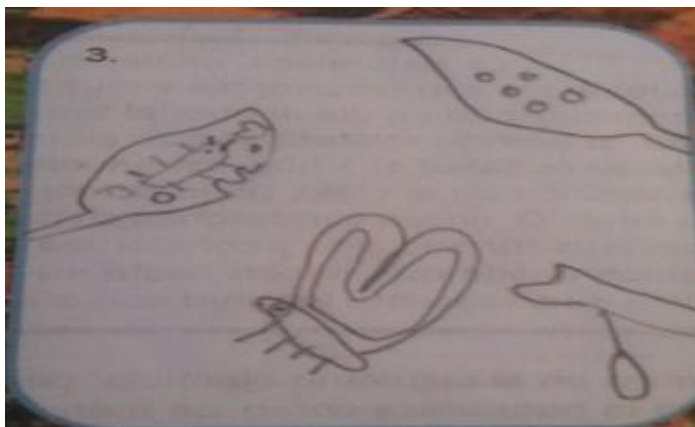
Los insectos que dan las mariposas provienen de las orugas, que se crean en las hojas verdes, especialmente en el rábano. Son primero más pequeño que un grano de maíz, se convierte entonces en larvas sensibles que crecen y finalmente, después de tres días en pequeñas orugas imperfectas. Después de esta fase, el acabado crecimiento se detiene, cambia de forma y llega a conformar su pupa... Después de un corto tiempo, el capullo se abre y deja escapar el animal perfecto de vuelo con alas llamados mariposa (p.67).

Referimos aquí una de las explicaciones de los estudiantes desde la cual se pueden encontrar este tipo de ideas para explicar lo que ocurre en el proceso de metamorfosis, desarrollada desde la ruta de observación número 1, en donde se plantea la pregunta por los cambios sufridos por la mariposa a lo largo de su ciclo de vida:



Es un proceso extraño, primero comienza cuando la mariposa coloca los huevos en las plantas, son muy pequeñitos y casi no se ven, después, sale un gusano pequeñito que va creciendo rápidamente, se encierra en su capullo y en un momento se convierte en una hermosa mariposa todo esto por su estado de metamorfosis (Nicolás).

Las mariposas dejan sus huevos en una hoja, cuando las orugas nacen, comen hasta que se vuelven muy largas y feas, se envuelven en su capullo y cuando sale de su capullo sale una grandiosa mariposa (Nicolás).



Otro tipo de explicaciones se encuentran asociadas a la observación en el detalle, la descripción de las partes, sustancias y mecanismos, como un recurso que posibilita decodificar el lenguaje desde el cual están escritos “los misterios del mundo natural”, lo que antes pasaba desapercibido ahora aparece como elementos necesarios para dar cuenta del fenómeno, la historia de las Ciencias muestra cómo este tipo de preocupación por describir al detalle se evidencia en los múltiples esfuerzos reflejados en expediciones botánicas a tierras desconocidas, en las cuales se

conformaron colecciones extensas de organismos con la intención de poder realizar ilustraciones centradas en descripciones milimétricas de la estructura del individuo. En prácticas escolares el recolectar estos organismos con los niños devela las intenciones implícitas que se fundamentan en el detalle, la observación minuciosa, reconocimiento y disposición de sus partes para representar una fiel muestra de su constitución y funcionamiento.

Entonces, será necesario reflexionar sobre este tipo de prácticas con el siguiente interrogante ¿es posible recrear desde las prácticas de enseñanza en Ciencias una mirada naturalista de los fenómenos? Este tipo de explicaciones las encontramos en relatos de naturalistas como el realizado por Joaquín Antonio Uribe, en el siglo XIX con el libro llamado “Cuadros de la naturaleza”, en el cual se hace referencia a las transformaciones que sufre la pulga:

“La pulga es un animal desprovisto de alas, sin embargo para volar no le hacen falta pues sus saltos son tan magníficos que parece sostenerse sutilmente como las plumas de las aves que danzan en el viento. Cuatro transformaciones o estados diversos sufren estos minúsculos animalitos:

1° El de huevo. La madre pulga deposita diez o doce huevos que oculta cuidadosamente en el polvo, la ropa sucia, las hendiduras de los pisos, los nidos de las aves domésticas, etc.

2° El de larva. Los huevos se empollan en pocos días y nacen unos gusanillos blanquicos, escuálidos, cilíndricos, con sus anillos adornados de pelos. Las hembras cuidan de estas larvas con tal solicitud que recuerdan el esmero de las aves con sus polluelos.

3° El de Ninfa (pupa o capullo), Las larvas hilan y tejen sendas envolturas sedosas y capullos en el que se encierran y permanecen cierto tiempo, no adormecidas propiamente sino como muertas

4° El último estado es el de imago (adulto). Rompe la pulga su féretro y aparece transfigurada, altiva y triunfante: viste luciente y metálica armadura y su aspecto es osado y agresivo. Llena de coraje e impulsada por atávico rencor, empieza desde luego su ruda y arriesgada campaña contra el hombre. A esta guerra sostenida por sus mayores,

consagra la pulga sus energías y tesón característicos”.

Por su parte los estudiantes explican detalladamente el proceso, señalando los cambios morfológicos en los distintos estados, sin embargo, el niño no evidencia las sustancias y las transformaciones que desencadenan los cambios apreciables, teniendo en cuenta por ejemplo, cuando afirman que la oruga se encuentra encerrada dentro del huevo y que por el contrario no se evidencian los distintos procesos de desarrollo, los mecanismos y las condiciones que se requieren para que se presente la formación y emergencia de la oruga del huevo. Este tipo de imaginarios los podemos encontrar en afirmaciones como la siguiente:

“la mariposa pasa por varias etapas, la primera consiste en el huevo que pone la mariposa en la parte de atrás de la hoja, aproximadamente 15 o 20, la mamá los abandona y la oruga permanece encerrada hasta que después de 10 a 15 días sale la oruga, ella tiene un color amarillo parecido al color de los huevos, al otro día yo creo que por la alimentación se ponen verdes, la larva después de comer muchas hojas forma un capullo que sujeta antes de encerrarse con unos hilos que pega para que no se mueva tanto, en 10 días compone sus alas, se despierta y está lista para volar”. (Samuel).

Desde esta mirada, para dar cuenta de los cambios y lo que permanece en la metamorfosis de los insectos se requiere acudir a la descripción detallada de las modificaciones en forma, color, disposiciones de las partes del individuo, ellos ya dejaron de lado la relación con los símbolos sobrenaturales, algunos los mantendrán hasta el final.

En otros momentos se puede ver cómo los niños desde su interpretación no se limitan al enunciado de la lista que se ha sugerido para reflexionar desde la guía, se hace necesario que se vinculen argumentos sobre las condiciones desde las cuales es posible estas emergencias, asumiendo al organismo como un sistema dinámico. Entonces, observaremos en las guías las descripciones que hacen los niños sobre la metamorfosis, fijándose en las condiciones necesarias para su desarrollo, reproducción y supervivencia, asociando las relaciones que establece el organismo con el medio, en otras palabras, el organismo que se constituye en la interacción con su entorno. En esta instancia la explicación desplaza el estudio de sus partes y la descripción de sus funciones, por el análisis de las relaciones que lo han hecho posible.



Se destacará desde este análisis las múltiples voces que surgen en la explicación de este fenómeno, no solo en la dinámica de las ciencias, no solo en la dinámica del profesor estructurando voces para el aula, también con las voces de los estudiantes tratando de construir explicaciones sobre cambio y permanencia en los organismos a propósito de la metamorfosis. Experiencia que pretende constituirse como espacio en el cual maestros y estudiantes explican y hablan del fenómeno. La forma como vinculan elementos que rectifican y enriquecen sus propias explicaciones serán los aspectos que se muestren a continuación.

## **7.2. Emergencia en las explicaciones del aula: El cambio y la permanencia en lo que nos rodea**

Como se ha señalado anteriormente, las unidades de observación emergen del análisis histórico-epistemológico y de la discusión de los maestros a propósito de las rutas de aula que se van a enseñar, pero la intención de este trabajo es analizar las explicaciones de cambio y permanencia a propósito de la metamorfosis que hacen los estudiantes en el aula.

En este apartado se presentarán de manera sucinta las principales interpretaciones realizadas por los estudiantes cuando se les pregunta por lo que cambia y permanece en eventos cotidianos como el día y la noche, las fases de la luna, las variaciones en las condiciones climáticas. En las dos situaciones planteadas (el cambio y lo permanencia) los estudiantes hacen sus interpretaciones partiendo de las evidencias que proporcionan los sentidos como se muestra en el siguiente cuadro. En la parte superior se encuentran las preguntas realizadas y en la inferior el ejemplo al cual recurre el estudiante para dar su respuesta:

PREGUNTA FORMULADA	EXPLICACIONES FRECUENTES	EXPLICACIONES A LAS QUE ACUDE EL ESTUDIANTE
¿Qué cambios encuentras en lo que nos rodea?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El color del cielo</li> <li>- Los astros cambian</li> <li>- Las nubes</li> <li>- La temperatura</li> <li>- La claridad</li> <li>- Los animales y plantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Cambian las estrellas por que nacen, crecen se reproducen y mueren”</li> <li>- Cambia el sol y la luna cuando es de día o noche</li> <li>-</li> </ul>
¿Encuentras algo que permanece en lo que nos rodea?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los árboles</li> <li>- El Paisaje</li> <li>- El cielo es el mismo</li> <li>- Las personas</li> <li>- Las piedras</li> <li>- El mar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Las piedras porque son seres que no tienen vida”.</li> <li>- “Dios, el amor por nosotros siempre será igual, el amor de Dios es único”.</li> </ul>

Tabla 4. Síntesis de las preguntas y respuestas a las primeras explicaciones de la ruta de observación número 1.

Los estudiantes interpretando lo que ocurre para que se presenten cambios en eventos cercanos como los planteados, frecuentemente recurren a la práctica a través de experiencia sensible (MGES). El cambio es definido por ellos en la forma como se expresan y perciben lo que es “visible”, las variaciones en las posiciones aparentes de los cuerpos celestes, las modificaciones en las formas como es el caso de las fases de la luna, la variación en colores que se presenta cuando se entra al atardecer o al anochecer, los cambios térmicos presentes en el transcurso del día, todos estos representan elementos contundentes desde los cuales se puede determinar si se presenta o no un cambio en el fenómeno observado. La permanencia es evidente en esta misma instancia, asumiéndola como algo constante desde su estructura visible como también si presenta

o no movimiento. Los cambios que ocurren de forma lenta (tiempo geológico, estelar) como la erosión de las montañas, la formación de una estrella o de un planeta ocurren tan lentamente que aparecen como ejemplos indiscutibles de la permanencia en lo que nos rodea, es decir la naturaleza sigue siendo inmutable.

En el siguiente cuadro vemos lo que podría representar en los estudiantes el cambio y la permanencia en lo que nos rodea:

ALGO CAMBIA CUANDO	ALGO PERMANECE CUANDO
Existe variación de posición, forma, tamaño, colores o condiciones.	Se presenta quietud, estabilidad, no hay movimiento o un objeto continúa en la misma posición.

TABLA 5. Explicaciones de los estudiantes por el cambio y la permanencia.

Estas explicaciones surgen en consonancia con la gran dificultad que representó para el conocimiento de las ciencias el comprender no solo los procesos geológicos y los tiempos que están inmersos en ellos tal como se cuestionaba, dicho de otra manera, algo cambia y permanece solo cuando lo puedo ver.

En algunas de las guías se reconoce este tipo de miradas:

¿Si unas cosas cambian, otras podrían no hacerlo?

“El sol nunca cambia de forma, aunque sea pequeño sigue siendo igual, la luna también, aunque tiene muchas fases sigue siendo la misma luna”. (Karol)

**Guía 1. Explicación de un estudiante cuando se le pregunta por lo que permanece en lo que nos rodea**

¿Cómo explicar los cambios graduales si “la velocidad con la que opera es tan lenta que ninguna podía tener esperanza de observar su efecto en el transcurso de la vida?, ¿cómo se hizo visible lo no visible?, ¿qué rectificaciones a las interpretaciones aceptadas hicieron posible la construcción de este campo conceptual?, ¿qué implicaciones tiene para su comprensión el hecho de su

aparente invisibilidad?, estas reflexiones pueden trasladarse al campo de lo vivo y encontrar similitudes en sus dificultades. Cabe anotar que tanto para la ciencia como para los estudiantes, la experiencia sensible aparece como un recurso explicativo para representarse tal cual aparece ante los sentidos, no se interroga, se contempla. Este fenómeno lo observamos en los inicios de las explicaciones sobre el cambio y permanencia de la metamorfosis en los insectos, como en las explicaciones de los niños cuando explican el cambio y la permanencia en lo que les rodea en las rutas de observación.

En síntesis, al inicio de la ruta de observación las explicaciones del niño reconocen el evento del cambio y permanencia recurriendo a lo que se puede evidenciar por medio de la vista, sin embargo, solo algunos logran superar estas dificultades cuando recurren a reconocer en la naturaleza elementos que cuestionen nuestras primeras explicaciones, tal como ocurrió con los docentes cuando conformaron las rutas metodológicas.

### **7.2.1. La metamorfosis desde la mirada gruesa y experiencia sensible**

A lo largo del trabajo de los estudiantes en la guía, encontramos un primer acercamiento al cambio y la permanencia en la metamorfosis de los insectos, denominada “una experiencia sensible”, allí los objetos o eventos se comprenden desde lo que pueden ofrecer a los sentidos. Desde esta mirada la metamorfosis se explica partiendo de las modificaciones drásticas en su forma, tamaño, y disposición de partes. Aspectos que solo se toman en cuenta a través de los sentidos, observación directa y percepción. Estas relaciones entre sujeto que conoce y objeto a conocer están marcadas como dos hechos antagónicos en donde el objeto y lo que ocurre con él está determinado por fuerzas ocultas, ya sea que se tomen estas como una expresión de orden divino o como el resultado de la intervención de sustancia que se expresan a partir de unas fuerzas que están aisladas de toda interacción o relación alguna, las analogías entre organismos representan una instancia para reconocer y dar cuenta de un fenómeno.

Con frecuencia se encontraban afirmaciones en las cuales se explica la metamorfosis como un conjunto de estructuras externas que se modifican progresiva y dramáticamente por medio de fuerzas desconocidas que actúan y se expresan por medio del cambio morfológico que han sufrido el organismo en el proceso. También aparecen modelos explicativos fundamentados en miradas antropomórficas que muy seguramente dan cuenta del fenómeno partiendo desde la

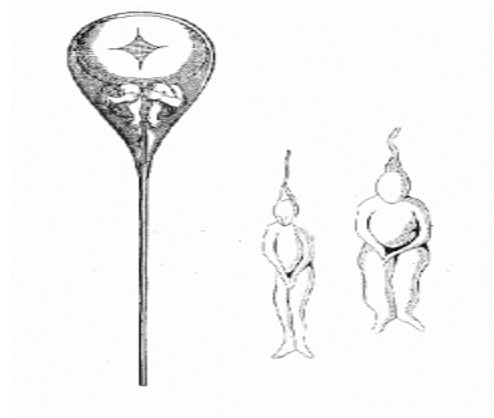
propia mirada del cambio en los semejantes, en este caso el humano, tal como aparece en las explicaciones de Plinio el viejo en la entrada del siglo primero después de Cristo. Su obra enfocada en describir las cosas creadas por Dios, también le otorga cualidades humanas que se tomarían como base para extraer de ellas lecciones morales. La resurrección por ejemplo, se asemeja con la emergencia de la mariposa de la pupa, resaltando cuán perfecta es su creación. Encontramos en las explicaciones dadas por los niños similitudes referentes a lo que acontece en la transformación presente en la metamorfosis:

“La oruga se quiere volver mariposa... cuando ya siente que puede guardar comida se duerme en la pupa luego ya sale la mariposa y vuela para buscar su alimento”. (Carlos)

“en el huevo esta la oruga dormida, mientras duerme van creciéndole las partes, así como nosotros crecemos cuando dormimos, o nos crece el pelo, en la pupa ocurre lo mismo” (Pedro)

## **Guía 2. Explicaciones de dos estudiantes cuando se les pregunta por la forma como se presentan las transformaciones en las mariposas.**

Nótese como uno de los dos estudiantes interpreta la forma en que ocurren los cambios presentes en la metamorfosis de un insecto, en este caso la mariposa, recurriendo a imaginar que en el interior del huevo y la pupa se encuentra un organismo preformado en un estado de inmovilidad, esto se evidencia cuando hace alusión al dormir haciendo la analogía al estado de huevo y pupa respecto al desarrollo de un humano en el vientre materno. El cual se encuentra durmiendo mientras sus estructuras aumentan de tamaño.



En el siglo XVII las interpretaciones surgidas desde las ciencias definían la formación del humano por medio de la preformación presente en el espermatozoide, se pensaba que este tenía un ser humano en miniatura en el interior (homúnculo) que se desarrollaba cuando se depositaba en los órganos sexuales femeninos: los espermatozoides serían la semilla, el huevo (hembra) el lugar de plantación.

En consonancia con este tipo de interpretaciones, los estudiantes explican que los cambios en la metamorfosis están atravesados por la experiencia misma de la gestación de sus semejantes, en sus esfuerzos por hacer visible lo que aparece oculto a simple vista. Se utiliza lo cotidiano, lo cercano.

No es sorprendente que el evento de la formación de los organismos se considere como un gran misterio en el que lo vivo se origina, se desarrolla y se mantiene bajo las interacciones designadas por fuerzas sobrenaturales, los primeros biólogos de la antigüedad ya habían comprendido el modo según el cual el proceso reproductor actuaba en los animales más comunes, y habían observado que la vida de todo nuevo individuo tenía su inicio en el cuerpo femenino o, como mínimo, en los huevos puestos por la madre. Sin embargo, durante muchos siglos fue una convicción común que los animales más pequeños podían nacer de la materia no viva.

Las aclaraciones que permanecen por largo tiempo en las explicaciones de las ciencias también se encuentran presentes en las interpretaciones hechas por los estudiantes desde las cuales se intenta mantener el orden permanente de las formas y estructuras en lo viviente, para dar cuenta de él se tiene que fijar la atención en la continuidad que se expresa cuando un organismo da origen a otro con las mismas características, un humano da origen a otro o un animal da origen a otro, su formación previa a su nacimiento, no es más que obra de un orden divino.

Este tipo de analogías fundamentadas antropomórficamente se encuentran también en las explicaciones sobre las transformaciones ocurridas en los estados de pupa y mariposa, como una fiel representación de la transición sufrida por los humanos en el momento de su muerte. Si la pupa se presenta ante la vista como un estado en donde el insecto no se alimenta, no se mueve, no respira (pues está contenido en un objeto), entonces no se encuentra con vida, de igual manera, la emergencia de un organismo alado simboliza la transición terrenal a la celestial (cuerpo-alma) sufrida por los humanos, no en vano en algunas culturas antiguas la palabra “anim(ul)a se usaba para designar indistintamente el alma de la mariposa”.

Este tipo de explicaciones se caracterizan por un pensamiento que confía en lo visible, lo cercano como razón suficiente para hablar de los fenómenos, una nula preocupación por caracterizar los cambios o las permanencias, no hay una preocupación por las relaciones que se tejen entre los

fenómenos. Por ejemplo, las explicaciones que surgen alrededor del ciclo de vida del escarabajo está totalmente desvinculada con el medio en el cual se desarrolla (Bola de estiércol), sus interpretaciones tienden a reconocer que los cambios presentes a lo largo de la vida del escarabajo están relacionadas con un aumento de tamaño y la permanencia en la forma que posee.

El escarabajo no cambia... es el mismo, yo creo que solo crece... le cambian las partes... cuando es bebe es más pequeño y luego crece para que se vuelva adulto...es como nosotros que solo crecemos nos hacemos más gordos o más altos... depende de cada uno (Nicolás).

Nicolás indica que el escarabajo hacia rodar su bola de estiércol y por eso nacían los escarabajos, es el movimiento lo que los hace salir.

Sin embargo, esta determinación subyace del hecho que existe una condición externa de movimiento, lo que anunciaba el momento de emergencia del escarabajo, de igual modo existen puntos de partida en la formación del organismo, uno da inicio desde el caos, lo indeterminado, lo místico o estado de imperfección el cual pasa por una serie de transiciones para dar paso al insecto perfecto, el cual posee todos los atributos para concebir un estado de orden y finalidad.

Se vinculan fuerzas ocultas que actúan y dirigen el devenir de las cosas, con un sentido y un fin propuesto por una entidad superior, el observador se limita a contemplar el fenómeno porque en él está representado la perfección de su creador, las transformaciones drásticas sufridas por algunos organismos se asemejan a una transición hacia un estado superior, el insecto imperfecto (larva) y el perfecto (mariposa). La expresión de estas fuerzas sobrenaturales se encuentra en un todo, desde el origen de los seres y las cosas, su acontecer y su finalidad.

Ahora bien, ¿cómo probar que los seres vivos están sujetos a los cambios y no están sujetos a un plan o diseño?, ¿cómo anteponer la imperfección a la perfección?, el cambio plantea problemas, por ejemplo, el poder explicar cuáles son las rutas, estructuras, mecanismos, procesos que en su conjunto conforman las emergencias expresadas en el cambio sufrido por el insecto en la metamorfosis. Pero, cómo explicar tal cambio, si las relaciones presentes en el mundo natural eran observadas como “adaptaciones alcanzadas a instancias de una exigencia todo poderosa”

La construcción de una mirada de lo no visible precisa comprender los mecanismos mediante los cuales se organiza la naturaleza, para ello acudir a analogías desde las relaciones y estructuras “complejas”, como hecho decisivo en la argumentación del cambio, podría ser lo más sensato, sin embargo, estas habían aparecido frecuentemente como punto crucial en la elaboración del discurso teológico natural como pruebas que revelaban la intención del creador “la perfección del diseño orgánico, la argumentación favorita en las afirmaciones de sus estudiantes, que veían en tan consumada ingeniería la inevitable intervención directa del divino arquitecto”.

### **7.2.2. Detallar lo visible: Postura naturalista.**

Las rutas de observación permiten vincular los aspectos metodológicos y conceptuales que configuran la metamorfosis, en esta lógica, este apartado pretende asociar las formas de aproximación desde el mecanicismo y los aspectos metodológicos desde la mirada sensible, que permite pensar el fenómeno en el detalle de la primera aproximación y sus formas de configuración.

En este sentido encontramos, tres subrutinas de observación que vinculan la belleza de la metamorfosis, su visualización como un proceso lineal y la descripción gradual de los diferentes estados (huevo, oruga, pupa y mariposa), en donde se pretende la observación y descripción detallada de tal manera que se observe una complejización en la explicación.

En este proceso encontramos nuevas formas de organizar las experiencias, la forma de aproximación está mediada por la idea de conocer lo que sucede a su alrededor, es decir, detallar de forma precisa y particular la historia del animal, especialmente su metamorfosis.

En consecuencia, Pedro, uno de los estudiantes, al referirse a la metamorfosis en la libélula afirma: “es un proceso muy bonito, la libélula antes de ser grande y libre, esta pequeña, o sea la ninfa que esta quieta y no se mueve y después sale la libélula grande para volar”.

Es posible que Pedro quiera expresar la idea de belleza y perfección que posibilita pensar la metamorfosis como un evento observado desde la apreciación de colores, formas, siluetas y aspectos, es probable que esta postura limite el establecimiento de relaciones que explican los



cambios en la metamorfosis, además Pedro, identifica analogía entre estados de quietud o reposo y actividad o vuelo, en donde solo se dimensiona la actividad y tamaño del organismo. Asimismo, esta afirmación puede conducir a la idea de biofilia, presentada por Wilson (1989), como el espacio en donde “encontramos una gran afinidad por los colores, formas y estructuras de la naturaleza, lo cual nos permite vincular lo observado con la belleza asociado con un orden físico perfecto” (p.).

De esta manera, también se evidencia que los estudiantes, posicionan sus explicaciones desligando de la belleza o perfección del individuo. Estas nuevas explicaciones se vinculan a la descripción de la metamorfosis como un evento lineal, al vincular propiamente la observación y descripción somera de los diferentes estados, que se caracteriza por una secuencia de sucesos relacionados estrictamente por la disposición o cambio en los componentes visibles, por ejemplo, Karol asume que “la metamorfosis es como una línea de cosas, primero es huevo, luego gusano, luego pupa en donde duerme y luego mariposa que vuela”.

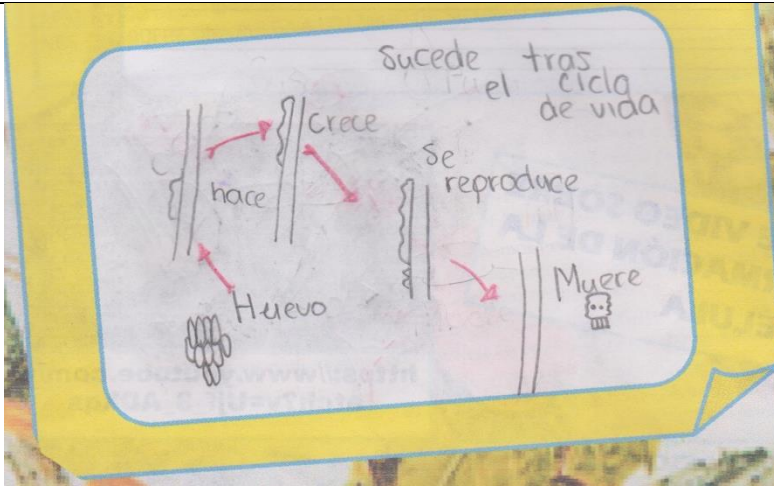
GRÁFICO	Análisis
	<p>En el gráfico se muestra una relación lineal del ciclo, expresada en el cambio de tamaño (alargamiento de la oruga), asimismo, la posibilidad de reproducción se establece desde la toma y la división del organismo (oruga) que da paso a uno nuevo de menor tamaño.</p> <p>Se olvida la presencia de un estado de transformación (pupa). Desde este contexto, es limitado el establecimiento de relaciones alimenticias con otros seres, pues el organismo se encuentra en el mismo lugar a lo largo de la descripción.</p> <p>Se observa la utilización de flechas que indican la progresión del ciclo desde los huevos como un aumento de importancia, la cual decrece hasta llegar a la muerte.</p>

Tabla 5. Gráfico y análisis del ciclo de vida de la mariposa.

Para Karol, la metamorfosis está caracterizada como un evento descrito desde la evidencia del cambio lineal, es decir, se reconoce lo que cambia en la medida en que la estructura aumenta de

tamaño, no se hacen evidentes las transiciones y emergencia particular de cada estadio, son obviadas al eliminar del ciclo la presencia de la pupa.

Esta afirmación se apoya en las declaraciones de Valeria, sobre el cambio en la libélula, ella afirma:

La libélula se transforma en capullo, es más o menos transparente y se le forman los ojos, del capullo sale y deja algo negro... Ya cuando sale del capullo le crecen las alas, los ojos y el cuerpo para poder volar

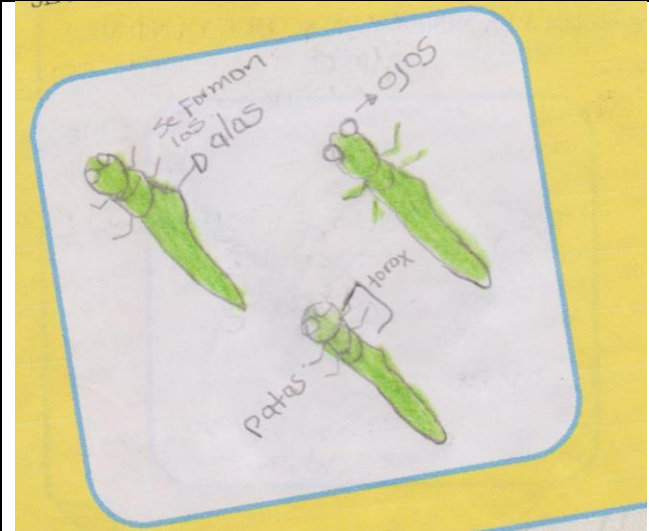
GRÁFICO	Análisis
	<p>En el gráfico se observan las partes de la ninfa que dará paso a las estructuras de la libélula.</p> <p>Este dibujo muestra las ideas sobre el lugar en donde se desarrollan las estructuras del adulto, se establece un órgano anterior que da paso a la nueva estructura como una forma de explicar la emergencia de las alas.</p>

Tabla 7. Gráfico y análisis de las partes de la libélula.

Las descripciones están ligadas aún a la preocupación por lo externo, por los cambios y la permanencia de lo visible, sin embargo, no existen aún preguntas que vinculen lo cambios observados y las dinámicas internas que acontecen en el organismo. Al parecer, todavía se atribuyen a fuerzas ocultas que permiten o limitan el cambio, no es claro el por qué suceden estas emergencias (ojos, alas, vuelo), se limita a la presunción de un cambio sin explicación relacionada con lo observado.

Este tipo de explicaciones ponen de manifiesto la necesidad de preguntar ¿Qué aspectos hacen posible el cambio o la permanencia de las estructuras visibles?, ¿el indicar un cambio o permanencia en la estructura permite comprender la complejidad del mismo?, ¿la descripción de las estructuras es un ejercicio que permite complejizar la explicación?, ¿cómo podemos ser

conscientes de la continuidad en los diferentes instar de la metamorfosis a pesar de las profundas transformaciones?

### **7.2.3. La mecánica de la metamorfosis; detallar lo visible, la postura naturalista.**

Posterior a la mirada superficial y somera del fenómeno, las explicaciones se complejizan desde la posibilidad de narrar en detalle lo observado, pues las preocupaciones están centradas en discutir aspectos relacionados con las estructuras y preguntas por su transformación. Estas descripciones se caracterizan porque acuden a detallar las estructuras visibles de los diferentes estadios presentes en la metamorfosis.

En este sentido algunos estudiantes, describen el cambio de la libélula y explican las estructuras que permanecen en el ciclo.

¿La ninfa y el adulto son el mismo organismo?... ummm si... lo que le pasa es que cambian algunas partes y otras si siguen, por ejemplo en la ninfa podemos ver los ojos, las patas y el cuerpo de color oscuro, ella vive en el agua y se alimenta con su boca que alarga de animalitos pequeñitos, pero ya en la libélulas, estamos viendo la presencia de ojos... pero más grandes, y las patas que están desde que están en ninfa, y por ultimo las alas... estas no estaban en ninfa... son propias de la libélula. (Karen).

La ninfa es la segunda etapa de la libélula, tiene forma alargada, sus alas no han crecido y en su espalda tiene forma de una joroba colgando, las ninfas viven en el agua mientras se desarrollan crecen y la libélula ya es su etapa adulta esta se arrastra fuera del agua y su cuerpo ya está compuesto por alas, tórax, cabeza, patas, abdomen en la libélula adulta solo vive dos meses (Julián).

Estos relatos detallan la observación realizada, mostrando el contraste entre las estructuras de la ninfa y el adulto de la libélula, manifestando cambio en los ojos, la coloración y las alas como formas para definir al adulto, en este sentido, parece que el niño pensó en describir la metamorfosis como una modificación en las formas visibles.

No obstante, se puede deducir una idea de organización interna de las estructuras partiendo de la afirmación que hace Julián cuando hace referencia a lo que pasa con las alas del insecto cuando se encuentra en estado de ninfa: “*sus alas no han crecido*”. Al parecer, este tipo de descripciones permiten pensar que algunos estudiantes consideran que las estructuras emergentes en los adultos

están presentes desde la ninfa y que no requiere para su aparición más que un aumento de tamaño, es decir, al organismo solo se le atribuye un aumento de tamaño en partes escondidas desde el huevo.

Al preguntar a Julián por la procedencia de estas estructuras desde el huevo él responde: “Todas las partes de la libélula están desde el huevo, lo que pasa es que están apagadas y se prenden cuando lo necesita cuando está en el agua o en la tierra”.

Así podemos observar la atribución que se le da a una necesidad que tiene el organismo para generar ciertas estructuras, en donde el motor del cambio son las condiciones ambientales, en otras palabras, las estructuras se modifican según el ambiente en donde el organismo se desarrolle, en conversación personal con Julián, él afirma que si la ninfa no saliera del agua no tendría alas, ya se observa una relación entre lo interno y externo para explicar la metamorfosis.

Otras explicaciones derivadas de las descripciones de los estudiantes, ponen de manifiesto la comparación entre estructuras de los estadios presentes en el ciclo de vida, en particular las que permiten la alimentación del organismo. En este sentido, Julieth, centra la atención en la modificación de las estructuras que permiten al organismo alimentarse en los diferentes estadios de la metamorfosis.

A la mariposa le cambian algunas cosas, por ejemplo de lo que come... y como come... en el huevo la oruguita se está formando, come de lo que está ahí, cuando rompe el huevo la oruga come hojas y tiene una boca para comérselas, en pupa no come, solo cambia para convertirse en mariposa... en mariposa tiene esa lengua... como un pitillo para alimentarse del néctar de las flores (Julieth).

Cuando se intentan determinar las relaciones que establecen los diferentes estadios que atraviesa la mariposa, acude a señalar modificaciones desde su estructura externa como las que se presentan en los aparatos bucales, sin embargo, persiste la ausencia de las transformaciones que se presentan al interior del organismo, ni los del cambio de las estructuras bucales y el tipo de alimento que consume el organismo en los diferentes instar de la metamorfosis. Es decir, muestra un acercamiento a las posibles adaptaciones del organismo al ambiente.

De esta manera, la preocupación por las descripciones permite establecer algunas ideas sobre los mecanismos del ciclo de vida en disposición de las partes y sustancias como forma de organizar

la estructura, es decir, un inicio de la mecánica interna, enmarcada en explicaciones como las expuestas por Valeria, al preguntar por la causas internas del cambio, ella afirma:

Yo creo que en el huevo deben pasar muchas cosas para que se desarrolle la oruga, además debe haber algo que los hace cambiar, lo que está en el huevo, o por ejemplo la temperatura que influye en todo, en oruga... por ejemplo tiene colores muy llamativos, debe ser por lo que come o algo así... o algo que le permite tener el color igual a la planta para esconderse, y la mariposa tiene partes que se forman desde la pupa, es como se volviera a hacer.

En las larvas los órganos internos son prácticamente iguales y su disposición es similar a la futura mariposa, los órganos digestivos y el cuerpo adiposo que servirá de reserva energética para la mariposa... ocupan la mayor parte de su espacio corporal.

Se establece que existe una relación entre lo que come el organismo y su estructura, además se asume la presencia posible de sustancias que modifican estas estructuras, a la vez se atribuye una forma de reserva del organismo que se supone gasta en todo el proceso de metamorfosis. Estas explicaciones se caracterizaron por la descripción de las estructuras visibles y su relación con sustancias (aún no especificadas en cuanto a composición y función).

En esta constitución de explicaciones se encuentran significadas las miradas reflexivas y reconstructivas con las formas de aproximación mecanicista, es decir un inicio de la mecánica interna, en donde se pretende desde lo construido hasta el momento configurar explicaciones que den cuenta de reflexiones entre las partes y su funcionamiento.

A través de la descripción de las estructuras surgieron elementos vinculantes, por ejemplo el relacionar algunas modificaciones de dichas estructuras externas con funciones y explicaciones de los sucesos internos que permiten constituir la metamorfosis.

En este sentido, se observa una reflexión entre las partes y funciones asociadas, afirmaciones como la de Sofía al referirse a los cambios de las mariposas, permiten ver esta relación

La pupa es incapaz de desplazarse y se encuentra en un estado de reposo en esta transformación de larva a pupa o crisálida, ocurre una reorganización de los tejidos,

disolviéndose unos y modificándose otros, aquí comienza a desarrollarse la futura mariposa.

Es posible que en las explicaciones ya se estén vinculando ideas sobre la creación de nuevas formas desde la organización y cambio de las estructuras preexistentes, lo cual indica que los estudiantes reconocen algunos agentes, partes y funciones vinculadas a los diferentes procesos que posibilitan el desarrollo de la metamorfosis.

Del mismo modo, en las explicaciones estructuradas por los estudiantes se encuentra una estrecha relación definida entre las partes y procesos para resignificar la metamorfosis, es decir, se identifican elementos que vinculan las estructuras con procesos como la nutrición, reproducción y percepción del mundo en donde se desarrolla el organismo.

#### **7.2.4. Mirada constructiva y reconstructiva de la metamorfosis**

En esta última instancia se reconocen nuevos campos a partir de los cuales la metamorfosis deja de explicarse desde la experiencia que ofrecen los sentidos, para asumir renovadas preguntas que trasladan la indagación más allá de lo evidente, haciendo supuestos, poniendo a prueba hipótesis que le permitieron a los sujetos cuestionarse por los mecanismos, disposición de las partes, por las relaciones y condiciones que hacen posible este evento. En coherencia con este interés y con la intención de que se constituya como referente para la comprensión de lo vivo, se realiza una visita a un observatorio ambiental (mariposario), resaltando por medio de esta experiencia el tipo de condiciones, relaciones y emergencias en este ambiente particular, de este modo se rectifican las interpretaciones anteriores, se interroga lo evidente, formulan hipótesis, se pongan a prueba, se realicen conjeturas, y se enriquezcan explicaciones, haciendo del cambio y la permanencia en los organismos “un objeto de conocimiento”.

En un primer acercamiento la relación organismo-entorno no logró dilucidarse, encontrando que los cambios presentes en la metamorfosis se asumían como independientes a la acción del medio, en este sentido Nicolás afirma:

“El ciclo de vida de la mariposa se da porque ella se alimenta bien y está preparada para cuando tiene que cambiar, así es que se puede transformar desde huevo a mariposa, por ejemplo en estado de oruga, ella se come la planta hospedera y puede hacer las mudas para crecer y luego pasar a pupa, en donde ya la mariposa se forma como tal y emerge

luego de un tiempo, además no creo que le pase nada si le cambian cosas (se refiere a condiciones ambientales), lo importante es que tenga comida y pueda hacer el ciclo”.

Esta forma de explicar no tiene en cuenta las características del medio necesarias para que ocurra el proceso de la metamorfosis en los insectos, es decir no se tiene en cuenta la influencia de las condiciones ambientales, desligándolas de las transformaciones y emergencias que se presentan en el individuo. La metamorfosis se individualiza, se aísla, e independiza como un evento que puede desarrollarse sin efecto externo, si bien ya hay una preocupación por las partes y su función, no se logra realizar conexiones que expliquen las relaciones y emergencias de los diferentes estados y algunas variantes ambientales.

Cuando se indagó por las implicaciones que tiene el cambio de temperatura en los diferentes estadios de la metamorfosis, supone poner en marcha una serie de relaciones entre las estructuras, los procesos que hacen posible y las dinámicas de respuesta ante esta variación. En este sentido, Pedro afirma:

Si al huevo se le cambia la temperatura, le cambiarían muchas cosas, por ejemplo, puede que ya no se desarrolle igual, tenga un problema cuando salga del huevo, o salga de un tamaño más pequeño o se demore mucho en salir, porque la temperatura es importante para cada mariposa (se refiere a especie) algunas se desarrollan en climas frío o templados, o calientes.

Pedro visualiza implicaciones desde las cuales las estructuras y tiempos de desarrollo se ven afectados, otorgándole relevancia las variaciones ambientales recaen en la inhibición o alteración de los procesos así como de las sustancias.

En este sentido es probable que Pedro asuma posibles relaciones con el ambiente que condicionen las formas de expresión de los diferentes estados, cuando se le pregunta por las incidencias de otros factores, él supone que existen algunos de ellos que afectan más que otros, además afirma que dependiendo la etapa del ciclo es menor o mayor el impacto en el organismo, aludiendo que la mariposa es el estado más fuerte y resistente a las variaciones del ambiente.

Algunos factores como la temperatura afectan mucho, porque pueden hacer que se demore el proceso, pero si le cambiamos por ejemplo la luz no creo que influya de igual manera, pues la luz no afecta tanto... o bueno podría afectar pero no directamente el

crecimiento, sería por ejemplo, el color, o la forma de alguna parte... yo creo que lo resistiría mejor la mariposa, que ya es el adulto y ha pasado por todos los estados.

Las preguntas por las interacciones entre el medio y el organismo, promueve en algunos estudiantes una mirada que tiene en cuenta las relaciones entre los eventos internos y externos permitiendo la emergencia de los cambios en la metamorfosis del organismo. Explicaciones como las de Karen permiten rastrear las construcciones a las que acuden algunos estudiantes para dar cuenta del evento:

La metamorfosis nos permite ver cambios en los insectos, pero no todos son cambios hay cosas o elementos que siguen en todo el ciclo, en las células deben haber cosas o elementos que están desde el huevo hasta la mariposa, no puede ser que todo cambie, algo está siempre. Además dependiendo del lugar donde se desarrolle la metamorfosis puede cambiar, puede cambiar el tiempo en que se cae la piel o de huevo pasa a oruga.

Karen intenta hacer alusión a las relaciones que se establecen entre la permanencia de las estructuras internas y los eventos externos (condiciones ambientales) de tal manera que interpreta lo que observa en la metamorfosis como un resultado de interacciones entre partes del organismo y el lugar donde se desarrolla.

Llegar a este nivel de deducción desde la idea de lo no visible fue una situación difícil para los estudiantes, pues los llevó a preguntarse por procesos, interacciones y emergencias que se daban por obvias. Fue en el proceso de vinculación y construcción del fenómeno que se lograron algunas aproximaciones y se vincularán nuevas preguntas.



## 8. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo del trabajo se ha insistido en que la experiencia con el mundo natural es un buen punto de partida en el proceso del conocer, presupone la superación de la simple curiosidad por las formas, colores y estructuras que se aprecian en la naturaleza, en este sentido se hace necesario superar esta mirada somera y contemplativa de la naturaleza, garantizando el paso de la descripción a la reformulación de las formas de preguntar por los seres vivos, de forma tal que se actualicen los problemas, los debates, las concepciones y las explicaciones que han hecho de lo vivo un problema de conocimiento (Valencia, *et al.*, 2000).

El proceso de complejización de los seres vivos pone de manifiesto la posibilidad de interrogar los fenómenos para comprender sus dinámicas, en consonancia con esta idea, la organización de campos discursivos que posibiliten la vinculación de elementos reflexivos que viabilicen el tránsito de la experiencia que define el proceso de la metamorfosis acudiendo a la descripción de las estructuras que se modifican, para dar paso a la construcción de variables y el establecimiento de relaciones.

La constitución del cambio y la permanencia en los organismos como problema de conocimiento parte del trabajo colectivo (estudiantes y maestros), en donde se discuten y confrontan preguntas, supuestos y estrategias metodológicas sobre las cuales se abordan nuevas formas de relacionarse con los fenómenos naturales. Si bien, la pregunta primordial que se configuró busca cuestionar sobre ¿qué cambia y qué permanece en el proceso de metamorfosis?, a la base de las explicaciones de esta pregunta, se presentan cuestionamientos sobre las estructuras y las condiciones que permiten los procesos que configuran las relaciones y las emergencias en este evento.

Por ello es fundamental que en los estudios sobre lo vivo se establezcan rutas explicativas seguidas por el conocimiento construido desde las ciencias, como también la forma como este tipo de saber constituye referentes que promueven renovados cuestionamientos en la construcción de conocimiento alrededor de lo vivo. De este modo se hace necesario abordar las relaciones internas que se establecen entre las partes, para dar cuenta de la significación del todo, desde esta perspectiva los seres vivos pasan a considerarse como un conjunto de tres dimensiones en los que las estructuras se ponen en profundidad, según un orden dictado por el

funcionamiento del organismo considerado en su totalidad, es decir su organización Jacob (1984).

Análogamente, las construcciones que se establecen en respuesta al cambio y permanencia en los organismos, pretenden retomar esta idea de organización, donde se realiza una revisión de las relaciones entre las sustancias, estructuras y los procesos que permiten la emergencia de nuevas organizaciones de estos elementos en el insecto que sufre la metamorfosis.

Así, las explicaciones establecidas no solo retoman la influencia particular de un determinado factor (alimentación, temperatura, humedad, etc.) en el proceso de la metamorfosis, también se da relevancia a la emergencia de una mirada complementaria, multicausal, y compleja en la construcción y explicación del fenómeno, que demanda la integración y correlación de otras vías explicativas desde las interacciones presentes entre insecto y entorno, teniendo en cuenta factores limitantes como la disponibilidad de nutrientes, variabilidad en la temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno, entre otras, las cuales condicionan el proceso de la metamorfosis. Con esto se pretende alejarse de la idea estática que frecuentemente se promueve cuando se intenta enseñar este evento. La mirada multicausal, puede extrapolarse a otros fenómenos del mundo natural, especialmente los seres vivos, configurados como sistemas en donde intervienen un estudio en conjunto de las interacciones en permanente cambio.

Es importante destacar que estas relaciones presuponen una documentación teórica, caracterizada por la selección de información que permite dar cuenta de las diferentes estructuras en cada nivel de organización, (células, tejidos, órganos, sistemas, en otras palabras, no se asume el evento como una parte totalizante, por el contrario se tiene en cuenta que la metamorfosis se constituye en la interacción de múltiples factores (internos y externos) que configuran la emergencia de relaciones desde las cuales se pueden explicar el todo, en este caso el cambio y la permanencia de los seres vivos.

El carácter explicativo de estas rutas teóricas tiene una representación temporal que movilizan las formas de pensar y resignificar lo vivo, desde la renovación de las explicaciones y posibilidades de construcción teórica, que tengan como característica la complejización del juego de relaciones que configuran lo vivo.

El marco compartido por estas reflexiones ajusta al enseñante un escenario dualista, por un lado está sujeto a la transformación de sus propias explicaciones por medio de cuestionamientos compartidos y construcción de formas de pensar respecto a lo vivo, y por el otro, está inmerso en la tarea de proporcionar a los estudiantes un espacio de cuestionamiento sobre los saberes construidos con relación a los eventos naturales, en donde los intereses individuales y colectivos entorno al medio natural, junto con la puesta en escena de los saberes en ciencias sobre dicho fenómeno, posibilitan la siembra en un terreno propicio para la construcción y complejización de explicaciones sobre los eventos del mundo natural.

Desde esta perspectiva el papel que cumple el educador en la enseñanza de las ciencias, es doblemente importante, en relación a la articulación necesaria entre la enseñanza de los eventos naturales desde una mirada multicausal y compleja, y la interpretación de la actividad de la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones, sostenidas pero no asumidas como únicas y verdaderas manera de llegar al conocimiento, por el contrario, pueden representar una herramienta fundamental a la hora de enriquecer y corregir las propias explicaciones, que se construyen en el ámbito escolar, incitando a los sujetos a constituir sus propias explicaciones, estableciendo de este modo unas formas críticas y complejas de ver las condiciones en las que circulan sus propios saberes y los trabajos que se realizan desde las ciencias.

Como maestros sabemos que la acción de conocer es compleja y que en ella juega un papel importante los procesos de desarrollo del individuo: sus capacidades, actitudes, creencias, valores, afectos, experiencias, ideologías y lógicas. Por ello es necesario que nos acerquemos de una manera crítica a algunas de estas teorías epistemológicas para allegar elementos que aporten a la configuración de nuevas alternativas y dinámicas en el aula que nos permitan orientar nuevas prácticas de enseñanza en la escuela.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aduriz, A., & Eder, M. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximaciones epistemológica y didáctica. *Latinoamericana de Educación*, 101-133.
- Almeciga, A. (2012). *El seguimiento del ciclo de vida de la mariposa Dione glycera (C. Felder & R. Felder 1861), una estrategia de aula para contextualizar y aplicar conceptos de Biología*. Universidad Nacional, Colombia.
- Angarita, J. (2011). *Diseño de una estrategia pedagógica para la enseñanza de la biología de los organismos, a través de las quecas (Scaptocoris sp., Cydnidae)*. Universidad Nacional, Colombia.
- Árca, M., Guidoni, P., & Mazzolli, P. (1990). *Enseñar ciencia. cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.
- Aréchiga, H., & Beyer, C. (1999). *Las Ciencias Naturales en México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bartolome, R. (2010). *Aristóteles- Obra biológica. De partibus Animalium. De Mottu Animalium, De incessu Animalium*. Madrid: Luarna.
- Belles, X. (2014). *¿Que sabemos de la metamorfosis de los insectos?* Madrid: Catarata.
- Boyle, R. (1985). *Física, Química y filosofía mecánica*. (C. Solis, Trad.) Madrid: Alianza.
- Candela, A. (1997). La necesidad de entender, explicar, argumentar: los alumnos de primaria en la actividad experimental. *Sep- Departamento de Investigaciones Educativas. CINVESTAV*.
- Castro, A. (2005). *La investigación del entorno natural: una estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de las ciencias naturales*. Bogotá: Francisca Radke.
- Castro, E. (1995). *Pensar a Foucault. Interrogantes filosóficos de La arqueología del saber*. Buenos Aires, Argentina: Biblios.
- Correa, F. (2005). Sociedad y naturaleza en la mitología Muisca. *Tabula Rasa*(3), 197-222.
- Costa, C., & Vanin, S. (2004). Insectos Inmaduros: Metamorfosis e identificación. *Sociedad entomológica Aragones*.
- De la Torre, B. (1995). *La pintura mural prehispánica en México*. México D.F.: Instituto de Investigaciones Estéticas.

- Diez Plata, F. (s.f.). La ninfa del sarcófado de Prometeo: un extraño híbrido iconográfico. *Departamento de Historia, Universidad de Santiago De Compostela.*
- Eder, M. L., & Adúriz-Bravo, A. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximaciones epistemológica y didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 101-133.
- Elkana, Y. (1973). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Sociedad Colombiana de Antropología*, 65-80.
- Erickson, F., & Merlin C Wittroc. (1997). *La investigación de la enseñanza. Tomo II.* Buenos Aires : Paidós .
- Foucault, M. (1968). *Las palabras y las cosas: Una arqueología de las ciencias humanas.* Argentina: Siglo XIX.
- Fourez, G. (1994). *La construcción del conocimiento científico.* Madrid: Narcea.
- Gómez, A. A. (s.f.). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Educación y pedagogía*, 15(45).
- Jacob, F. (1984). *La lógica de lo viviente.* Barcelona : Salvat.
- Jacob, F. (1998). *El ratón, la mosca y el hombre.* Barcelona: Grigalbo.
- Kuhn, T. S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas.* México: Fondo de Cultura Económica.
- Latour, B. (1991). Pasteur y pouchet: heterógenesis de la historia de las ciencias. En M. Serres, *Historia de las Ciencias* (págs. 477-501). Madrid: Catedra.
- Latour, B. (1991). Pasteur y Pouchet: La heterogenésis de la historia de las ciencias. En M. Serres, *Historia de las Ciencias* (págs. 477-501). Madrid: Catédra.
- Mayr, E. (1995). *Así es la Biología.* Debate.
- Molina, L. C. (2010). *Finalidad, necesidad y accidente en Aristóteles. Un estudio sobre Partes de los animales y Generación de los animales.* Medellín, Colombia : Universidad de Antioquia.
- Moreno Del Cantor, M. (Sept-Dic de 2009). La contribución de Kant al pensamiento biológico en la "crítica de la facultad de juzgar". *Medicina y Humanidades*, 1(3).
- Morin, E. (1977). *El método: la naturaleza de la naturaleza.* Madrid.: Fuentelabrada.

- Orozco, J., Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G., & Garzón, J. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Ciencias y Tecnología*, 4(2), 109-120.
- Papavero, N., Pujol, J. R., & Llorente, J. (2001). *Historia de la Biología Comparada. Volumen IV, De Descartes a Leibniz (1628-1716)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pilatowski, M. (2001). Conceptos y problemas de Dios: Una reflexión filosófica. *Signos filosóficos*(5), 249-254.
- Pozo, J., & Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid : Morata .
- Rodríguez, M. (1997). Azar y finalidad en Aristóteles y Epicuro. *Themata. Revista de Filosofía*.(18), 55-74.
- Rodríguez, Y. S., Sánchez, D. A., & Silva, A. (2105). Cambio y permanencia en los fenómenos asociados a la metamorfosis, guías didácticas para niños de grado cuarto: reflexiones sobre la producción de conocimiento de los docentes de ciencias. *Bio-grafía, Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 1610-1613.
- Salvatico, L. (2008). Caracterizando al esquivo mecanicismo del siglo XVII. *Mecanicismo y modernidad, Universidad del Claustro de Sor Juana.*, 203-223.
- Sarmiento, P. J. (2009). *La filosofía de la Biología de Ernest Mayr: problemas biológicos y filosóficos en las teorías de la evolución*. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Silva, A. (2012). *El mariposario urbano: una experiencia educativa*. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.
- Sloan, P. (1996). *Natural History*. (J. C. Zamora, Trad.) Nueva York: Routledge.
- Smith, C. (1975). *El problema de la vida. Ensayo sobre los orígenes del pensamiento biológico*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Vacilachis Gialdino, I. V., R. Ameigerias, A., Chernobilsky, L., Gimenez, V., Mallimaci, F., Mendizabal, N., y otros. (2009). *Estrategias de investigación cualitativa*. España: Gedisa.
- Valencia, S., Méndez, O. M., Garzón, J. P., & Jiménez, G. (2001). De la contemplación a la comprensión de los seres vivos. *Campo Abierto. Universidad de Extremadura*(20).
- Valencia, S., Mendez, O., & Jimenez, G. (2008). ¿Enseñanza de las ciencias por disciplinas o interdisciplinariedad en la escuela? *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 78-88.

Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G., & Garzón, P. (2000). De la contemplación a la comprensión de los seres vivos. *Campo Abierto, Universidad De Extremadura España*.

Vera, I. (2006). *Mariposas y moscas una ruta para la comprensión del crecimiento con niños de 5 grado de primaria*. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

Wilson, E. O. (1989). *Biofilia*. México: Fondo de Cultura Económica.

Wisniak, J. (2001). René-Antoine Ferchault de Réaumu: Desde las abejas hasta los grados. *CENIC Ciencias Químicas*, 32(1), 106-111.