



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**PROPUESTA BASADA EN LAS IDEAS
PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES PARA
ABORDAR LA ENSEÑANZA DE LA
CLASIFICACION BIOLÓGICA EN EL NIVEL
BASICO DE LA EDUCACIÓN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A :
BRENDA ADRIANA VALENCIA CIPRES



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MARIA EUGENIA TOVAR MARTINEZ**





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Propuesta Basada en las Ideas Previas de los Estudiantes Para Abordar la Enseñanza de la Clasificación Biológica en el Nivel Básico de la Educación".

realizado por **Brenda Adriana Valencia Ciprés**

con número de cuenta 09207860-4 , quien cubrió los créditos de la carrera de: **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dra. María Eugenia Tovar Martínez

Ma Eugenia Tovar Martínez

Propietario M.en C. Sabel René Reyes Gómez

Propietario M.en C. Juan Francisco Barba Torres

JFB

Suplente M.en C. María Teresa Gaspar Dillanes

M. Teresa

Suplente M.en C. Gerardo Rivas Lechuga

Gerardo Rivas Lechuga

Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M.en C. ~~Juan Manuel Rodríguez Chávez~~



**A mis papás
A Gabriel
A mis hermanos**

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora de tesis, la Dra. Maria Eugenia Tovar Martínez, por la paciencia y esmero con que dirigió este trabajo de tesis, por sus acertadas observaciones y por el enorme interés que puso para que pudiera ser terminada.

Al M. en C. Gerardo Rivas Lechuga, al M. en C. Sabel René Reyes Gómez, al M. en C. Juan Francisco Barba Torres y a la M. en C. María Teresa Gaspar Dillanes, por las valiosas observaciones que realizaron en la revisión esta tesis.

Al equipo de trabajo de la Unidad de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia por compartir sus experiencias en esta nueva forma de apreciar a la ciencia y por el material bibliográfico proporcionado.

A la Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje del Colegio de Ciencias y Humanidades por la bibliografía que tan amablemente fue proporcionada por la biblioteca, por el apoyo y orientación del departamento de servicios editoriales y por prestar sus instalaciones para desarrollar parte de este trabajo.

Gracias a Gabriel por todo su apoyo, por sus consejos y orientación. A mis hermanos por quererme y creer en mí.

Y gracias sobre todo a mis papás, por haberme guiado hasta aquí, por desempeñar tan extraordinariamente su papel y por estar siempre conmigo en las decisiones y momentos tan importantes como este.

RESUMEN

La orientación actual de la enseñanza de las ciencias esta fundamentada en una visión constructivista, enfoque en el cual las ideas previas de los estudiantes juegan un papel primordial para el aprendizaje de el conocimiento científico. Bajo esta consideración, los estudios realizados en torno a esta temática han hecho evidente la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza científica, ya sea a través de nuevas estrategias y métodos o bien por medio de la selección de los contenidos que pretenden enseñarse.

Sin embargo, la búsqueda de estrategias y contenidos adecuados para la enseñanza de los conocimientos biológicos no es una tarea sencilla, situación que se nota en el hecho de que a pesar de varios años de investigación educativa no se han logrado aún establecer programas que atiendan las necesidades elementales para formar una educación científica en el país.

El conocimiento previo de los alumnos así como los subcampos de estudio desarrollados en torno a él, han permitido edificar caminos en aras de la mejora de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, así el uso de la historia de la biología y el cambio conceptual se han convertido en elementos primordiales para el diseño de nuevas estrategias de enseñanza.

Bajo estas consideraciones se presenta en este trabajo una propuesta para abordar el tema de la clasificación biológica en el nivel básico de la educación, elaborada a partir de dos elementos esenciales: las ideas previas de los alumnos y el desarrollo histórico de los conceptos relacionados con la clasificación biológica. Cada uno de estos elementos se trabajó por separado, con la finalidad de obtener de cada uno la información necesaria para realizar una comparación y establecer si se encuentran o no similitudes entre ambas.

Esta comparación, como esta indicado en el capítulo correspondiente, pretende hacer uso de los conceptos que en un determinado momento histórico permitieron superar obstáculos que impidieron el avance del desarrollo científico, los que se equipararon con los obstáculos conceptuales identificados en las ideas previas de los alumnos.

Así con la categorización y análisis de aproximadamente 140 ideas previas se obtuvieron con base en una organización jerárquica estructurada en concepciones, categorías y marcos, dos grupos principales de ideas, el primero orientado hacia la identificación de los seres vivos en donde se reconocieron tres principales problemas conceptuales: el uso de características macroscópicas, el empleo de aspectos ecológicos determinados por la influencia social y el uso de criterios microscópicos mal interpretados. El segundo grupo incluye también tres problemas conceptuales, referidos a la agrupación de organismos vivos; el uso de prototipos, el hábitat y el uso indiscriminado de grupos taxonómicos científicamente reconocidos.

En cuanto al análisis histórico, con la narrativa realizada, que fue expresada finalmente en un mapa conceptual, se identificaron los obstáculos epistemológicos más relevantes, así como los **conceptos estructurantes con los que fueron superados**. Esta identificación, comparada con los problemas conceptuales de los alumnos, llevó al reconocimiento de tres puntos de similitud entre **ambos pensamientos: la diferenciación entre la materia orgánica y la inorgánica, la identificación de seres vivos empleando atributos de orden microscópico y la división dicotómica planta- animal**. Así, **los conceptos históricos emergidos como medios para superar los obstáculos históricos se extrapolaron al plano del pensamiento de los estudiantes, con la finalidad de atender en cuanto fuera posible las necesidades conceptuales identificadas en sus ideas previas**.

De esta forma, integrando dos elementos principales para la selección de contenidos se **presenta finalmente una propuesta para abordar el conocimiento de la diversidad y arreglo de los sistemas biológicos, constituida por un sólo conjunto de conocimientos encaminados a atender tres aspectos esenciales; buscar la continuidad de conocimientos entre un grado escolar y otro, así como entre niveles educativos, erradicar la saturación de conocimientos y finalmente hacer uso de las ideas previas documentadas, así como de los elementos de estudio desprendidos de ellas, con el afán de contribuir en lo que sea posible al mejoramiento de la enseñanza de estos tópicos biológicos**.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	<i>i</i>
1. Justificación	<i>iii</i>
2. Objetivos	<i>iv</i>
3. Metodología	<i>iv</i>
CAPITULO 1:	
EI PAPEL DE LAS IDEAS PREVIAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	1
1.1. La ciencia y los métodos de enseñanza	1
1.2. La visión constructivista de la enseñanza de las ciencias	3
1.2.1. Variedades del constructivismo.....	5
1.2.2. El Enfoque constructivista de las ideas previas	6
1.2.2.1. Identificación de las ideas previas	7
1.2.2.2. Características de las ideas previas	8
1.2.2.3. Terminología empleada	11
1.2.2.4. Las ideas previas de los estudiante acerca de conceptos biológicos.....	12
1.3. La elaboración del currículum científico	14
1.3.1. Bases para la elaboración del currículo	14
1.3.1.1. Fuentes psicológicas y pedagógicas (psicopedagógicas)	15
1.3.1.2. Bases socioculturales	17
1.3.1.3. Fuente epistemológica	18
1.3.2. Bases derivadas de las teorías del aprendizaje	18
1.3.3. Elementos básicos del Currículo	18
1.3.4. Las ideas previas en el diseño del currículum	20
CAPITULO 2:	
CATEGORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE IDEAS PREVIAS	22
2.1. Investigaciones sobre el conocimiento previo de los estudiantes a cerca de la diversidad y el arreglo de la vida: revisión bibliográfica.....	22
2.2. ¿Porqué categorizar las ideas previas?	28
2.2.1 Parámetros para la categorización de ideas previas	29
2.2. Categorización y análisis	30
2.3.1. Reino Animal	31
2.3.1.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de los animales	31
2.3.1.4. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de los animales	35
2.3.1.2. Análisis global del tema Reino Animal	39
2.3.2. Reino Plantae.....	44
2.3.2.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de las plantas.....	44
2.3.2.2. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de las plantas	48
2.3.2.3. Análisis global del tema Reino Plantae	50
2.3.3. Microorganismos	51
2.3.3.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de los microorganismos.....	51
2.3.3.2. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de los microorganismos.	55
2.3.3.3. Análisis global del tema microorganismos	60

CAPÍTULO 3:	
LA ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA EN EL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO: EL CASO DE LA EDUCACIÓN BÁSICA	63
3 3.1. El Plan de estudios de la Educación Básica: objetivos y orientaciones	63
3.1.1. Los planes y programas de la educación primaria	64
3.1.2. Educación Secundaria	65
3.2 La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica.....	66
3.2.1. Organización de los Programas de Ciencias Naturales en la Educación Primaria y los contenidos temáticos sobre la clasificación de los seres vivos.	68
3.2.1.1. Organización de los contenidos	69
3.2.2. Organización de los Programas de Biología en la Educación Secundaria y los contenidos temáticos sobre la clasificación de los seres vivos.	74
3.2.2.1. Organización de los programas.....	75
CAPITULO 4:	
EI DESARROLLO DE LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA EN LA HISTORIA DE LA BIOLOGÍA	83
4.1 El surgimiento de la biología y los esbozos de la clasificación.....	83
4.1.1 La visión Kuhniana del surgimiento de la biología: cuestión de paradigmas	84
4.1.2 La Historia Natural y su aportación al estudio de la clasificación	86
4.2 La clasificación biológica: del estudio de la diversidad de los seres vivos al establecimiento de los sistemas de clasificación.....	87
4.2.1 Los primeros estudios sobre la diversidad del mundo vivo: Grecia.....	88
4.2.1.1 La tradición del pensamiento aristotélico	91
4.2.2 Las clasificaciones de la edad media	93
4.2.2.1 Las propuestas de clasificación moralistas y fantásticas de la edad media	93
4.2.2.2 Las clasificaciones de la edad media basadas en la observación de la naturaleza.....	95
4.2.3 El arreglo de la diversidad biológica en los siglos XVI y XVII	96
4.2.3.1. El ordenamiento de las plantas	97
4.2.3.2. El ordenamiento de los animales	99
4.2.4 El surgimiento de los sistemas de clasificación	100
4.2.4.1. El sistema de clasificación Linneano	102
4.3 La introducción del pensamiento evolucionista y su influencia en las formas de clasificar.....	105
4.3.1 La propuesta de Lamarck	107
4.3.2 La influencia del paradigma evolutivo en la taxonomía.....	109
4.4 Métodos taxonómicas de clasificación	111
4.4.1 Escuela Fenestista o Taxonomía Numérica	113
4.4.2 Escuela Cladista o Taxonomía Filogenético	116
4.4.3 Escuela Evolucionista o Taxonomía Ortodoxa.....	118
4.5. Otra línea de estudio emergida durante el siglo XIX: el descubrimiento del mundo microscópico	120
4.6 La orientación de la enseñanza de la clasificación biológica	126
4.7 Mapa Conceptual que muestra el desarrollo histórico de los conceptos relacionados con el ordenamiento de los seres vivos.....	127
CAPITULO 5:	
HACIA UNA PROPUESTA PARA ABORDAR LA ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA	134
5.1. Primer elemento: los principales componentes que han estado involucrados a lo largo de la historia del desarrollo de la clasificación biológica.....	135
5.1.1. La diferenciación entre la materia orgánica y la materia inerte	138

5.1.2. División dicotómica de los seres vivos. Reino animal y reino vegetal	140
5.1.3. Las observaciones microscópicas en la clasificación biológica	142
5.1.4. Orientación evolutiva de la clasificación biológica	143
5.2. Segundo elemento: Las ideas previas de los estudiantes, identificación de los principales problemas conceptuales involucrados en la clasificación biológica.....	147
5.2.1. Comparación de los conceptos empleados por los estudiantes en la clasificación biológica con los conceptos identificados en la historia.....	153
5.3 Selección de contenidos	160
5.3.1 Consideraciones previas	160
5.3.2. Temáticas seleccionadas	161
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	173
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	177

INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas la enseñanza de la biología ha girado en torno a la relativamente nueva visión constructivista, propuesta para abordar la enseñanza de las ciencias. En esta orientación educativa el punto central del proceso enseñanza- aprendizaje se sitúa en el pensamiento de los estudiantes, quienes participan de forma activa bajo el supuesto de que la forma en que adquieren el conocimiento es la base de partida para la enseñanza. Así, en la búsqueda del mejoramiento de la enseñanza de las ciencias uno de los elementos principales de investigación es el dirigido hacia el conocimiento que los alumnos adquieren a través su experiencia cotidiana, es decir sus ideas previas.

Las ideas previas son nociones e interpretaciones de fenómenos naturales que se estructuran a través de lo que los estudiantes aprecian de su entorno natural, estas ideas representan una forma alternativa de explicación, la cual cubre todas sus expectativas porque son construidas de la observación de la realidad (Flores, 1996). La investigación sobre las ideas previas ha dado apertura a subcampos de estudio que las involucra directamente, como lo son el cambio conceptual, el papel de la historia en la enseñanza de las ciencias así como la elaboración de modelos conceptuales y curricula escolares. En éste último resultan interesantes las consideraciones que en los últimos años se han hecho con respecto a su construcción, ya que si bien es cierto que la selección de contenidos es una tarea que involucra la participación de diversas ideologías, las ideas previas han ganado un lugar primordial dentro éstas debido a las aportaciones que en el ámbito conceptual se han logrado identificar en ellas después de varios años de estudio (Sarramona, 1986).

El campo de investigación de las ideas previas ha sido ampliamente explotado en áreas como la física y la química, en biología también se ha dado apertura a esta línea del conocimiento, sin embargo aunque los trabajos en este campo han sido relativamente abundantes, todavía hace falta explorar algunas temáticas y ampliar otras más, situación que hace evidente la vigencia de esta línea de investigación en esta disciplina.

El conocimiento de la diversidad de los seres vivos ha sido desde tiempos remotos una temática de incesante interés que se ha visto reflejada en la larga y continua línea de estudio enmarcada desde las primeras etapas de la historia del hombre. La enseñanza de esta temática desde los niveles básicos de la educación representa todo un reto para el aprendizaje, pues a pesar de ser un conocimiento que despierta fascinación natural en los estudiantes, frecuentemente este interés conduce a la búsqueda de fuentes informales de información, situación que de ninguna

manera resulta inadecuada, pero que en el peor de los casos conlleva a choques con la información impartida formalmente, originando conflictos en el entendimiento de este tópico.

De esta situación surgen cuestiones como ¿qué es pertinente enseñar a los alumnos en las aulas para que el conocimiento sobre la diversidad y arreglo de los seres vivos que adquieren informalmente pueda ser dirigido hacia la formación de conocimiento significativo? ¿qué elementos deben considerarse en la selección de los conocimientos a enseñar? y ¿cómo puede vincularse la información inferida en las ideas previas con la historia de las ciencias para realizar esta selección?.

En torno a las interrogantes anteriores se desarrolla el presente trabajo de tesis, en donde en el primer capítulo se hace una breve introducción acerca de los métodos de enseñanza que han sido propuestos para la enseñanza de las ciencias, poniendo especial atención en las bases de constructivismo, orientación actual de su enseñanza y en donde emergen las principales investigaciones sobre las ideas previas. En la segunda parte de este mismo capítulo se puntualizan las bases que desde el punto de vista psico-pedagógico deben considerarse en la elaboración del currículum científico, así como el papel que desempeñan las ideas previas en esta encomienda.

Cuáles son las ideas previas que sostienen los estudiantes en torno al conocimiento de la diversidad y clasificación de los seres vivos, es el tópico abordado en el capítulo dos, en donde se hace un breve bosquejo sobre los principales trabajos publicados en bibliografía especializada que se han elaborado en distintos países en torno a esta temática y los cuales a partir de una minuciosa revisión se obtuvieron aproximadamente ciento cuarenta ideas previas que fueron separadas en tres grupos y categorizadas según el nivel educativo al que pertenecen con la finalidad de obtener de ellas, a través de una organización determinada por niveles jerárquicos, información que posibilitará la inferencia de los principales problemas conceptuales encuadrados en el pensamiento de los estudiantes.

En el tercer capítulo se hace un análisis de la organización propuesta en el sistema educativo mexicano para los contenidos relacionados con la enseñanza de la clasificación biológica, se profundiza en la orientación que se le ha dado a la enseñanza de la ciencias naturales en nuestro país y se presenta en forma de red conceptual la estructuración de estos contenidos remarcando los principales conflictos, que desde la perspectiva de este trabajo, se identificaron en esta organización.

En el capítulo cuatro se remarca el importante papel que ha desempeñado la historia en la enseñanza de la biología, se realiza un recorrido histórico sobre los desarrollos de los conceptos involucrados en la clasificación biológica desde la época griega hasta el siglo XX, culminando con un mapa de conceptos que muestra en forma de trama conceptual ubicado en etapas determinadas los principales obstáculos epistemológicos que en algún momento de la historia detuvieron el progreso del conocimiento.

Finalmente en el capítulo cinco se presentan tanto la identificación de los principales problemas conceptuales obtenidos del análisis de ideas previas realizada en el capítulo dos, como los

obstáculos epistemológicos obtenidos de la información histórica del capítulo cuatro, que detuvieron en algún momento la formación del conocimiento, con el propósito de extrapolar los conceptos estructurantes que permitieron superar éstos obstáculos como estrategia para superar los problemas conceptuales de los alumnos.

El trabajo bibliográfico realizado en esta tesis se desarrolló en la Unidad de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM, así como en la Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.

1. Justificación

A pesar de los continuos esfuerzos realizados por mejorar la calidad de la enseñanza educativa, nuestro país denota todavía muchas carencias en este terreno. No se trata con ello de poner en evidencia las formas de enseñar ni los métodos aplicados para hacerlo, se trata en realidad de formar una visión más objetiva acerca de la situación actual que atraviesa nuestro sistema educativo, de reconocer los errores y aciertos que existen en él y de buscar estrategias que den solución a dichos errores pero que a su vez rescaten los elementos acertados.

La educación básica probablemente sea el nivel educativo más afectado en estos términos, debido a que la forma de ser abordada, así como las condiciones para impartirse dependen en su totalidad de normativas federales, que en la mayoría de las veces deben adecuarse a toda una serie de circunstancias ajenas al ámbito educativo. En este sentido también cabe mencionar que las prioridades de la educación básica se centran en la enseñanza de la lectura y la escritura, dejando en segundo término el desarrollo de la cultura científica.

Estas situaciones hacen evidente la carente atención que se le ha dado a la educación científica en nuestro país, afortunadamente la investigación que se está realizando en este campo ha abierto posibilidades para sugerir nuevas formas de enseñar, de elaborar currícula que se adecuen de mejor manera al desarrollo cognitivo de los niños y de buscar estrategias que los lleven al aprendizaje significativo. En este contexto, el estudio del conocimiento previo de los estudiantes ha dejado valiosas aportaciones, sobre todo cuando lejos de formar largas colecciones de ideas, estas son aplicadas para elaborar instrumentos que apoyen la enseñanza de la ciencia.

El estudio de la clasificación como temática biológica introduce a los alumnos al conocimiento de los seres vivos, debido a la cantidad de conceptos que se manejan en su enseñanza, esta situación lleva a reconocer dos puntos importantes, primero que el estudio de la diversidad y arreglo de los seres vivos, es una base fundamental para abordar otras temáticas biológicas como la evolución o la genética, y segundo, que debido a esta trascendental importancia es necesario otorgar a los estudiantes las bases necesarias que les permitan construir adecuadamente el conocimiento en

relación a esta temática, por esta razón en este trabajo se propone hacer una revisión minuciosa de los elementos que permitan hacer una selección adecuada de estos contenidos

2. Objetivos

Tomando como fundamento el enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias, y el papel que las ideas previas han desempeñado en esta visión, así como también sus diversos campos de investigación a continuación se mencionan los objetivos de este trabajo de tesis:

OBJETIVOS GENERALES:

1. Diseñar una propuesta de enseñanza a partir de las ideas previas de los estudiantes para abordar la **clasificación biológica en los niveles educativos de primaria y secundaria.**
2. Establecer continuidad conceptual entre los conocimientos impartidos en la primaria y la secundaria

Para lograr los objetivos antes planteados se tuvieron los siguientes objetivos particulares:

- ◆ Emplear las ideas previas sobre la clasificación biológica de los estudiantes del nivel básico reportadas en la literatura para obtener los principales problemas conceptuales relacionados con el tema
- ◆ Resaltar el uso de la historia de la biología como elemento primordial en la selección de contenidos relacionados con la clasificación biológica
- ◆ Emplear la historia de biología como una herramienta para identificar obstáculos epistemológicos y conceptos estructurantes
- ◆ Identificar puntos de similitud entre las ideas históricas y las ideas previas de los estudiantes para obtener información que permita superar los problemas conceptuales de los alumnos
- ◆ Realizar un análisis de los planes y programas de la SEP para verificar si existe alguna vinculación entre los contenidos de primaria y de secundaria relacionados con el tema de la clasificación biológica

3. Metodología

1. El trabajo de tesis comenzó con la búsqueda de artículos en revistas especializadas en educación en ciencias relacionados con la investigación sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la clasificación de los seres vivos, de estos artículos se obtuvieron las ideas previas.
2. Posteriormente se realizó una categorización de ideas previas con la finalidad de inferir los principales problemas conceptuales subyacentes a ellas

3. En cuanto al análisis histórico, se revisaron varios textos relacionados con la historia de la clasificación biológica con la finalidad de reconstruir el recorrido histórico que se presentó primeramente en forma de narrativa, en donde se fueron subrayando los conceptos más representativos para posteriormente ser presentados en un mapa conceptual.
4. Con el mapa conceptual se identificaron los principales obstáculos epistemológicos así, como los conceptos estructurantes con los que fueron superados, tanto los obstáculos como los conceptos estructurantes se definieron para cada etapa histórica y se señalaron en el mapa conceptual con colores diferentes para su fácil identificación.
5. Se elaboraron cuadros y figuras en donde se representó la comparación de las ideas históricas con las ideas de los estudiantes para identificar puntos de similitud, esta representación gráfica también fue representada a su vez en una figura independiente.
6. Finalmente con este último elemento se elaboró la selección de contenidos expuesta en un último cuadro, en donde se incluyeron además los problemas conceptuales atendidos en cada contenido, así como la referencia histórica con la cual se relaciona.

CAPITULO 1

EL PAPEL DE LAS IDEAS PREVIAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LA ELABORACIÓN DEL CURRÍCULUM CIENTÍFICO.

1.1. La ciencia y los métodos de enseñanza

Desde hace ya varias décadas se reconoce que la educación es uno de los ejes más importantes en torno al cual gira gran parte del desarrollo de las sociedades actuales. El interés por impulsar la formación de una cultura educativa ha permitido vislumbrar la situación actual por la que atraviesan los sistemas educativos, y con ello reconocer la necesidad que existe de prestar mayor atención a las formas en que se imparten los conocimientos a las poblaciones.

Una buena base educativa asegura el porvenir de las naciones, pensamiento que a pesar de ser considerado imprescindible desafortunadamente no ha sido debidamente atendido, sobre todo a niveles federales, desencadenando con ello uno de los principales problemas con los que se enfrenta la educación; la consideración de que esta nunca ha sido lo suficientemente buena, en parte porque durante mucho tiempo los sistemas de enseñanza se han visto limitados a utilizar procesos completamente verbales, en los que los alumnos aprendían a repetir y memorizar todo un conjunto de conceptos impartidos por sus profesores, y el conocimiento adquirido de esta forma estaba expresado en largos textos y complicados formularios, limitando el trabajo de los maestros a simplemente comentar ese saber contenido en trabajos escritos por reconocidos estudiosos (Delval, 1984). Los métodos derivados de esta forma de enseñanza así como la baja efectividad del aprendizaje, han conducido a los sistemas educativos a una clara declinación, situación que es considerada por autores como Glasersfeld (1995) una de las principales razones por las cuales durante mucho tiempo se vio obstaculizado el progreso educativo.

Sin embargo, la preocupación por dar solución a este problema no es una encomienda reciente, a través del tiempo los métodos de enseñanza que han sido propuestos en diferentes

etapas de la historia han ido evolucionando a medida que algunos factores, tales como: la situación social y económica, las ideas que se tengan acerca del conocimiento y el valor que se le atribuya a la ciencia, establecen sus propias necesidades. Estos factores no actúan de forma independiente ni convergen en un determinado punto para producir los métodos de enseñanza dominantes, sino que están relacionados y se modifican continuamente entre sí dando lugar a una fuerte conexión que influye de manera significativa en la forma de enseñar (Delval, 1984).

De esta forma, el campo de la investigación educativa se ha dado a la tarea de buscar nuevas alternativas en el intento de dar solución a estos problemas, desencadenando importantes investigaciones desarrolladas sobre todo por países que continuamente están en la exploración de nuevos descubrimientos relacionados principalmente con aspectos de ciencia y tecnología, ya que los constantes avances científicos demandan una mejor y mayor preparación, orillando a la necesidad de mantenerse a la vanguardia con las posturas educativas, que de forma muy directa de alguna u otra manera influyen en el desarrollo de los países menos desarrollados.

Dentro de la diversidad de los campos educativos, la enseñanza de las ciencias ha jugado un papel muy importante en la formación de una cultura científica, con ella, se busca dar la capacitación necesaria a las poblaciones humanas para enfrentar y comprender los avances que se realizan con la ciencia, así como para desarrollar innovaciones en las que se aplique el conocimiento científico para beneficio del propio ser humano. Así, la Ciencia y la Tecnología se han planteado como uno de los retos más importantes que se pretenden incluir en la educación básica, buscando con ello que los egresados de este sistema adquieran una cultura científica necesaria para entender los procesos de la sociedad actual (González *et al.*, 1997)

Mejorar la calidad de la educación científica ha sido una temática central que ha tomado gran impulso sobre todo en las dos últimas décadas. Es a partir de esta preocupación de donde han surgido importantes recomendaciones emitidas por la comunidad internacional (por ejemplo, la Reunión Sobre la *Educación para todos*, 1991) en donde se plantea la necesidad de revisar el estado actual de la calidad de la enseñanza así como la adecuación de los planes, programas y las prácticas de enseñanza. Esta situación sin embargo no es nueva, al respecto investigadores como Flores, (2000) mencionan que en el transcurso del tiempo se han identificado diferentes ciclos que han llevado a la reflexión acerca de la formación de nuevos científicos y de la propia construcción del conocimiento científico, en donde se han hecho notorios los problemas de aprendizaje, así como las formas ineficaces de enseñanza. Estas etapas de reflexión han traído como consecuencia la formación de diversos enfoques educativos, entre los que se pueden distinguir las valiosas aportaciones provenientes del campo de conocimientos de la epistemología de la ciencia, de las diferentes teorías cognoscitivas que se han postulado y de las grandes contribuciones de Piaget y sus colaboradores, que han influido notablemente la nueva orientación que en cuestión de enseñanza y aprendizaje se ha venido desarrollando en los últimos tiempos en torno al estudio de la ciencias (Oliva, 1999; Flores, 2000).

Una preocupación permanente en el ámbito educativo es sin lugar a dudas la interrogante de ¿cómo se construye el conocimiento? Esta misma cuestión estuvo presente desde épocas antiguas, y el interés por descifrar como tiene lugar este proceso fue un trabajo abarcado en gran parte por los filósofos, quienes por mucho tiempo estuvieron enfocados a los estudios relacionados con el origen del conocimiento. Lo que es evidente es que todas las personas aprenden y que con el incremento del tiempo van adquiriendo más experiencia y por tanto más conocimiento. Lo que sin embargo, no es evidente son los procesos que llevan a los seres humanos a la adquisición de estos conocimientos

En las civilizaciones antiguas, el nacimiento y continuo incremento del conocimiento sobre el universo llevo finalmente al florecimiento de la ciencia moderna y paralelamente a ésta al surgimiento de un considerable número de teorías que buscaban justamente encontrar y descifrar los procesos y mecanismos que conducian a la adquisición de nuevos conocimientos. A través del tiempo estas diferentes teorías se han ido sustituyendo e incluso desplazando a medida que se integran nuevos descubrimientos que refuerzan y fundamentan nuevas ideas y posturas relacionadas con el proceso del aprendizaje. Sin embargo, a pesar de esta renovación de ideas y pensamientos provenientes de estas teorías, todas las aportaciones que se dejaron a través del paso del tiempo han contribuido de alguna u otra manera en la formación de la nueva orientación que actualmente tiene la enseñanza de las ciencias y en general todo el ámbito educativo: el constructivismo.

Desafortunadamente los avances y aportaciones que se obtuvieron con este movimiento han sido muy poco explotadas, y en la actualidad los sistemas educativos siguen pautas y modelos anteriores a este movimiento de renovación pedagógica, revelando con ello una situación educativa decadente en la que se percibe un escaso interés de los niños y una nula adaptación a sus necesidades de aprendizaje.

1.2. La visión constructivista de la enseñanza de las ciencias

La continua necesidad que existe por mejorar los métodos de enseñanza es sin lugar a dudas, una consecuencia directa de la evolución que han tenido las diferentes posturas dedicadas al estudio de la formación del conocimiento. En los últimos años las ideas provenientes de estas diversas teorías del conocimiento y del aprendizaje fueron progresivamente dando lugar a la emergencia de una nueva propuesta para la enseñanza: el constructivismo, esta propuesta deja atrás, y su vez toma como fundamento a todo el cuerpo de conocimientos derivados tanto de las diferentes posturas epistemológicas así como de la psicología cognitiva y de las teorías del aprendizaje. (Gómez-Granell y Coll, 1994; Flores, 2000).

Desde los primeros trabajos de Piaget hasta los más recientes elaborados por diferentes investigadores de distintas partes del mundo se puede identificar esta nueva orientación en la

enseñanza de las ciencias, siendo este autor una de las primeras personas que se opusieron a los planteamientos empiristas y racionalistas proponiendo así la idea de una visión constructivista en la cual se plantea que los estudiantes adquieren el conocimiento de manera dinámica y no estática, y que actúan como parte activa del medio estructurando y reestructurando explicaciones que intentan interpretar con la información que adquieren de él. Para Piaget todo conocimiento nuevo se genera a partir de otros previos, es decir, lo nuevo se construye siempre a partir de lo adquirido, y posteriormente solo lo trasciende, en el enfoque constructivista, el sujeto es quien construye su propio conocimiento.

El constructivismo ha sido una de las mayores influencias que ha tenido la educación científica en los últimos tiempos. Esta corriente también marca su notable influencia en otros campos del conocimiento tales como las matemáticas, las ciencias sociales, el arte e incluso la educación religiosa (Matthews, 2000). Por lo que respecta a la educación científica, desde hace ya varias décadas se ha venido edificando y a su vez reforzando este pensamiento, son varios los investigadores (por ejemplo Ausubel, Novak, Hanessian (1983), Pozo (1996), Glasersfeld (1995) que en muchas partes del mundo se han dedicado a realizar sus trabajos entorno a este enfoque de la enseñanza, y de los resultados de todos estos trabajos se han derivado valiosas aportaciones que con el tiempo han ido enriqueciendo el desarrollo de esta corriente, que poco a poco se va expandiendo y ganando dominio en muchas esferas educativas. Estos trabajos han servido también, como lo han hecho notar Matthews, (2000), Bell (1981), y otros investigadores, para de alguna forma valorar el alcance que el constructivismo ha tenido, y que lo ha llevado a convertirse en una teoría del aprendizaje, de la educación, del origen de las ideas y de la formación del conocimiento personal y científico.

Para la educación científica con el enfoque constructivista los puntos de vista de los estudiantes son considerados como el punto de partida para la enseñanza. En la actualidad se reconoce que el papel de la construcción individual de los alumnos es una parte esencial en el desarrollo del conocimiento científico personal debido a que estas construcciones son generadoras de experiencias con las que los estudiantes pueden reflexionar acerca de sus propias ideas (Pope y Gilbert, 1988). Al respecto Novak, (1988), puntualiza en sus trabajos el relevante papel que la información almacenada previamente desempeña en la adquisición del conocimiento, este autor cita la participación que Ausubel desempeño al respecto de esta aseveración, ya que en sus investigaciones describe ampliamente el importante papel que juega el conocimiento anterior en la adquisición del nuevo conocimiento.

Por otro lado en Pozo (1993) menciona que ciertos "esquemas" influyen en la percepción y recepción de información, alterando consecuentemente el aprendizaje y la retención de conocimientos, también acentuó el papel del aprendizaje previo en el nuevo aprendizaje, pero sin enfatizar conceptos específicos ni tramas proposicionales, este investigador consideró al conocimiento previo como una "parilla de referencia" de trazos genéricos o "constructos

personales", que influenciaba la forma en que una persona piensa o responde frente a una nueva experiencia.

Para autores como Glaserfeld (1995) el constructivismo es una teoría derivada directamente del pensamiento epistemológico, es decir, considera que el constructivismo es una corriente postepistemológica. Esta idea representa una importante posición, ya que elimina el hecho de suponer que la teoría constructivista rompe con la tradición epistemológica de la enseñanza.

Probablemente el principal punto convergente entre las anteriores posiciones y el constructivismo es, como lo menciona Coll (1994), considerar que el conocimiento no se limita a una copia de la realidad, sino que es un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información que proviene del exterior es interpretada y reinterpretada por la mente de los individuos y poco a poco se va convirtiendo en un modelo conceptual cada vez más complejo que trata de explicar esta realidad. El conocimiento adquirido de esta forma, es decir a partir de la experiencia de las personas, es el resultado de la confrontación que éstas tienen con el medio que habitan (Matthews, 2000).

En la posición constructivista el conocimiento se forma a partir de la experiencia de los individuos, es por esta razón que este enfoque tiene como centro al sujeto, quién en función de su experiencia y modelos conceptuales construye nociones, concepciones e interpretaciones de procesos diversos, como por ejemplo de los fenómenos naturales. (Flores, 2000). En este contexto, dentro de la fundamentación epistemológica del constructivismo, se menciona que a través de los sentidos , es decir, de la observación, el tacto, el olfato y la audición, el individuo forma su propio conocimiento ya que estos son el vínculo directo de interacción que tienen con su ambiente, y es a través de los mensajes recibidos a partir de estos sentidos que los sujetos construyen una imagen del mundo. Las imágenes o modelos mentales construidas a partir de esta experiencia son el origen de la formación de una infinidad de conceptos (Matthews, 2000), es así como se acierta en decir que el constructivismo reside directamente en los individuos y en sus experiencias, que son, para esta corriente, el principal centro del aprendizaje.

1.2.1. Variedades del Constructivismo

Dentro de la extensa corriente que es el constructivismo, se pueden identificar diferentes posiciones, sin embargo, todas y cada una de ellas convergen en la idea de que el conocimiento se forma a partir de la experiencia adquirida por los estudiantes, y que esta experiencia es el resultado de las vivencias cotidianas a que están expuestos. Estas diferentes posiciones han llegado a formar cierta confusión, ya que con ellas ha surgido la idea de que existen y se practican muchos tipos de constructivismos (Ernest, 1995). Sin embargo lo que es cierto es que a cada uno de estos diferentes pensamientos los liga el hecho de que las personas que aprenden son la principal fuente del origen del conocimiento, independientemente de las razones que se den para tratar de explicar este hecho.

Dentro de la corriente constructivista se reconocen principalmente dos posiciones: el constructivismo educacional o radical y el constructivismo filosófico (Matthews, 2000).

- Constructivismo educacional o radical: esta posición tiene dos importantes subdivisiones: la primera que es el constructivismo personal, que tiene sus orígenes con Piaget y su representante más actual es Von Glasersfeld, y la segunda que es el constructivismo social, representado por los pensamientos de Vyotsky y también profesado por investigadores como Rosalind Driver en la educación científica y Paul Ernest en educación matemática.
- Constructivismo filosófico: su origen inmediato se tiene con los trabajos de Thomas Kuhn y representado más formalmente por Bas Van Fraassen. Esta posición tiene sus raíces en la filosofía de las ciencias.

El enfoque constructivista de la enseñanza engloba de manera natural el estudio de las ideas previas y la influencia que han tenido en el proceso de aprendizaje del ser humano. Dentro de esta visión, el aprendizaje es adquirido a través de la experiencia que van construyendo las personas por la interacción directa que tienen con su medio, dando como resultado explicaciones personales que tratan de interpretar los hechos sucedidos a su alrededor. La experiencia formada puede o no ser modificada a través del tiempo, pero de alguna u otra forma origina en las personas conocimiento previo.

El conocimiento previo de los estudiantes fue un tópico fuertemente estudiado durante la edificación de la teoría constructivista del aprendizaje. Varios autores enfocados en este campo remarcaron la importancia que el conocimiento previo tiene en la adquisición del aprendizaje. Novak, (1988) hace al respecto una notable recopilación de estos trabajos al observar que sus resultados dependían en gran medida de la información almacenada anteriormente y del contexto en que se resolvía el problema o sucedía la tarea de aprendizaje.

1.2.2. El enfoque constructivista de las ideas previas

Desde los primeros trabajos de Piaget en 1929, hasta los inicios de la década de los ochenta, se desató un gran interés por hacer investigación enfocada en el pensamiento y en sus formas de interpretar los acontecimientos que suceden en la naturaleza (Mintzes, 1984; Novak, 1988; Flores 1996;). De manera sistemática, todas estas investigaciones llevaron al establecimiento de la existencia de ideas previas en los estudiantes derivadas de sus experiencias personales que originan una gran variedad de interpretaciones sobre los fenómenos naturales y que les ayudan a dar sentido a su ambiente físico y biológico (Mintzes, 1984).

Al respecto Flores, (1996), hace una importante mención al referirse a estas ideas, indica que en cada uno de los estudiantes, sin importar la edad o el nivel educativo, coexisten dos representaciones distintas; por un lado, se tiene una que es propia de los alumnos y que ha sido construida a lo largo de todas las interacciones que han tenido con la realidad, estas construcciones, que en realidad son interpretaciones personales, responden satisfactoriamente a todas sus expectativas, por otro lado se encuentra la representación escolar que es instruida por

la escuela y que por consiguiente no es la representación de la realidad de los alumnos. Así pues, dentro de la hipótesis constructivista del aprendizaje, las ideas previas (término con que se reconocerán en este trabajo), se identifican como las formas propias de los estudiantes para representar y entender la naturaleza, es decir, son alternativas que emergen de los alumnos para tratar de describir una buena parte de los fenómenos cotidianos.

1.2.2.1. Identificación de las ideas previas

Durante más de dos décadas la investigación educativa se vio inundada por un creciente interés por comprender como los estudiantes perciben e interpretan los fenómenos de la naturaleza. Tema (1989) en sus propios trabajos ha hecho notar que los resultados de la mayoría de éstas investigaciones han revelado importantes situaciones que sirven de fundamento para la nueva orientación de los métodos de enseñanza, reflexiones como las que a continuación se mencionan, son cada vez más tomadas en cuenta, sobre todo porque proporcionan información acerca del "estado del conocimiento" en que se encuentran los alumnos, permitiendo así reconocer un punto de partida para la búsqueda de la mejor manera posible de abordar algún tópico científico.

Las reflexiones sobre el conocimiento de los alumnos

- Los alumnos llegan a la escuela con muchas ideas o visiones acerca de los diferentes tópicos científicos que se revisan en las aulas
- Estas ideas generalmente son muy diferentes a aquellas que se enseñan en las escuelas y que son apoyadas por las diferentes teorías científicas
- Las ideas generadas por alumnos pequeños pueden estar presentes también en alumnos de mayor edad, es decir, que persisten en los estudiantes sin importar la diferencia en edades, situación cultural o género.

La identificación y reconocimiento de que todos los estudiantes llegan a las aulas con una cantidad indeterminada de conocimientos adquiridos a través de fuentes informales de educación, y que estos no precisamente coinciden con los científicamente aceptables, conjuntaron uno de los principales caminos que condujeron al nacimiento de un nuevo campo de investigación en el ámbito educativo y por consiguiente de su vasto cuerpo de literatura: las ideas previas.

La identificación de las ideas previas, aunada a muchos otros factores, llevaron al establecimiento de una nueva forma de visualizar los problemas relacionados con el aprendizaje de los conocimientos científicos, y se convirtieron en parte fundamental de la nueva orientación propuesta para hacer frente al problema de la enseñanza de las ciencias, en la cual se han desarrollado metodologías y paradigmas propios, que en los últimos años han cobrado gran importancia en la constitución de grupos de investigación, de posgrados y revistas especializadas, así como también en la transformación de programas de enseñanza y de formación docente de varios países del mundo como Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, España, Australia etc. (Flores, 2000)

Dentro de la orientación constructivista de la enseñanza, las ideas previas emergen de manera natural (Oliva, 1999; Flores, 2000), y juegan un papel central en el aprendizaje, ya que ésta visión parte de la idea de que el entendimiento es el resultado de las construcciones personales de los alumnos y por tanto su vigorosa participación es ampliamente demandada. Como parte de esta nueva orientación las ideas previas tienen como fuentes de desarrollo las provenientes directamente de este enfoque tales como la psicología evolutiva y también la epistemología e historia de las ciencias (Trowbridge y Mintzes, 1980; Oliva, 1999), sin embargo, autores como Mintzes, Wanserssee y Novak (1994), así como Pozo y colaboradores (1996), mencionan que fue propiamente Piaget en sus primeros trabajos realizados en los años veinte, quien comenzó a ahondar acerca de la importancia que tienen estas ideas y de las aportaciones que su estudio podría generar para la enseñanza.

Específicamente la década de los ochenta fue cuando se desarrolló ampliamente la investigación acerca del origen y naturaleza de las ideas previas, generada en gran parte por la insatisfacción que se manifestaba con la teoría de los estadios del desarrollo propuesta por Piaget y con otros varios factores psicológicos y didácticos relacionados con la educación científica (Driver y Easley, 1978 y Gilbert y Swift, 1985, tomado de Pozo, 1996).

1.2.2.2. Características de las ideas previas

Durante los más de veinte años de investigación en el campo de las ideas previas se han podido identificar en ellas una serie de características que hacen cada vez más evidente la importancia que ha tenido su estudio para el ámbito educativo, sobre todo porque se ha reconocido, entre otras cosas, que pueden llegar a representar grandes barreras para el aprendizaje.

Para Pozo, (1996) las ideas previas tienen la estructura de una "categoría natural", en la cual se vislumbran primeramente como específicas, seguidas de considerarse como numerosas y más radicalmente como heterogéneas. El mismo Pozo menciona que a pesar de esta gran diversidad se pueden extraer algunas características comúnmente aceptadas por investigadores de todo el campo, ya que dentro de sus propias investigaciones se han podido reconocer al menos una de todas éstas características.

Es así como en todo este universo de investigaciones se puntualiza que las ideas previas comparten el uso de un lenguaje cotidiano, con frecuencia parten de puntos de vista egocéntricos, antropocéntricos o animistas, tienden a desechar caracteres no observables o no existentes, al cabo de algunos años se pueden llegar a transformar en el pensamiento de los alumnos mayores y pueden llegar a generar conocimientos científicamente aceptables por repeticiones a explicaciones de algunas situaciones escolares, pero son revertidas cuando estos conocimientos son confrontados con problemas diferentes. (Mintzes, 1984). Las ideas previas presentan también cierta coherencia interna, en ellas, la mayoría de los estudiantes manejan un lenguaje impreciso y términos indiferenciados para expresar sus pensamientos (Velasco, 1991).

En seguida, se hace mención más amplia de las características más frecuentemente abordadas y que por ende han recibido una mayor atención:

1. Ideas previas como construcciones personales: autores como Pozo (1996) y Wandersee (1994) puntualizan que las ideas de los estudiantes son elaboradas de modo más o menos espontáneo cuando están en interacción con las situaciones de la vida cotidiana, su origen y diversidad a menudo radica en las experiencias personales de los niños, es decir, de sus observaciones directas, de su percepción y lenguaje e incluso sus representaciones pueden formarse de recibir una instrucción. Para Flores, (2000) las construcciones personales se refieren a que son elaboradas por cada sujeto con la finalidad de explicarse situaciones fenomenológicas comunes, o aunque no sean comunes, y que al ser planteadas al sujeto, éste utiliza ese conocimiento previamente adquirido para responder situaciones que él mismo se plantea.

2. Generalmente no concuerdan con lo científicamente aceptado: las ideas que los alumnos ya poseen y que fueron aprendidas a partir de fuentes informales de educación generalmente no concuerdan con lo científicamente aceptado (Velasco, 1991) sin embargo el conocimiento que los alumnos ya poseen no tiene para ellos por que serlo. De hecho, suelen ser bastantes predictivas con respecto a fenómenos cotidianos, aunque no sean científicamente correctas, dicha incorrección proviene en parte de que las nociones de los niños frecuentemente son difusas o poco diferenciadas, y los alumnos las usan de manera burda y en función del contexto (Driver, 1989)

3. Son bastante estables y resistentes al cambio: esta es una de las características principales con que se identifica a las ideas previas es que son exageradamente tenaces y resistentes al cambio (Trowbridge y Mintzes, 1980, Mintzes, 1984; Flores, 2000; Pozo, 1996), y se llegan a convertir en casos más extremos en verdaderas barreras para el aprendizaje en un salón de clase. La experiencia ha demostrado que las ideas previas permanecen y afloran en toda situación en donde el estudiante exprese su pensamiento y no se limite a repetir lo que la escuela le dice (Flores, 2000). Las ideas previas pueden persistir en los estudiantes incluso después de muchos años de instrucción científica, se identifican no solo en niños y adolescentes sino también en adultos, en universitarios y dentro de su área de especialidad, en muchas ocasiones, las ideas previas poseen un significado idiosincrático, situación que hace más difícil su erradicación, pero más fácil su afloramiento en mentes con costumbres culturales y sociales muy marcados.

4. Son compartidas: a pesar de ser construcciones personales y en la mayoría de las ocasiones poseer un significado idiosincrático, las ideas previas son compartidas por personas de muy diversas características. De esta forma se establece que en los estudiantes la existencia de conocimiento previo obedece a una característica natural, cuya frecuencia con que se presenta, sin embargo, varía considerablemente por el dominio que se tenga del conocimiento y por el nivel y la calidad de la instrucción. (Trowbridge y Mintzes, 1988)

5. Presentan similitud histórica. El carácter universal de las ideas previas radica en que estas pueden presentarse en gente de muy diferentes características (por ejemplo edad, sexo, condición social, nacionalidad etc). Lo asombroso de esta universalidad es que puede llegar a trascender incluso en el tiempo, dando lugar a ideas provenientes de alumnos de la actualidad que fueron elaboradas y sostenidas por filósofos y científicos reconocidos en épocas pasadas en las distintas áreas de la ciencia. En Biología por ejemplo, la visión de los estudiantes a cerca de los cambios orgánicos en los organismos implica la postura de puntos de vista lamarckianos sobre la evolución. Lamarck propuso una explicación a cerca de la evolución de los seres vivos en su obra *Philosophie Zoologique*, en la cual puntualiza tres principios básicos: 1) la necesidad, 2) el uso y desuso y 3) la herencia a través de caracteres adquiridos. En el segundo principio de Lamarck, el uso frecuente y sostenido de un órgano implica que gradualmente se fortalezca y desarrolle, al contrario, la constante carencia en el uso de un órgano lo debilita y degenera llevándolo finalmente a su desaparición. Bishop y Anderson (1990) han citado varios ejemplos en donde esta clase de pensamiento es empleada por estudiantes de preparatoria, al afirmar que los murciélagos que viven en las cuevas oscuras desarrollan pequeños ojos no funcionales que no emplean para orientarse. La similitud histórica de las ideas previas propone el uso de la historia de las ciencias como medio para tratar de comprender el pensamiento de los estudiantes y como herramienta heurística para diseñar estrategias de enseñanza (Wandersee *et al.*, 1994)

6. Los maestros presentan las mismas ideas previas que sus alumnos. Esta aseveración llevó a que en la década pasada las investigaciones dirigidas al estudio del conocimiento previo se centrarán en la comprensión de los profesores a cerca de los conceptos científicos que enseñan en sus clases. Los resultados de estos trabajos, por un lado, sacaron a flote la necesidad de proporcionar una adecuada preparación a los maestros y de sus consecuentes habilidades para instruir a sus alumnos en la comprensión de conceptos científicos complicados. Por otro, se reconoció que parte del problema obedece a la mala información que se plantea en los libros de texto, así como al mal diseño de los cursos. (Wandersee *et al.*, 1994)

7. El conocimiento previo interactúa con el aprendizaje adquirido por la instrucción. Finalmente, se presenta una dificultad que se origina dentro de los propios salones de clase, esto es, la mezcla de los conocimientos que imparten los profesores con los conocimientos previos que subyacen en los alumnos. Este hecho involucra algo más que una simple distorsión de la información, en realidad es todo un proceso en donde interactúan dos puntos de vista divergentes, uno epistemológico y otro conceptual, que trajeron como consecuencia la formación de la llamada "la ciencia de los niños". La interacción de dos puntos de vista diferentes provoca que los alumnos adquieran dos estructuras conceptuales, una que es la que aplican dentro de la escuela para resolver exámenes o resolver cuestionarios, y otra que es la

emplean para explicar lo que en verdad sucede en el mundo real, por ejemplo, selección natural (para usarlo en la escuela) versus creacionismo (para usarlo durante la interacción real que tienen con su medio). De esta forma, de alguna manera se ha vuelto "típico" que los estudiantes malinterpreten la información presentada por sus maestros de ciencia y que la información mal entendida por los estudiantes sea empleada para sostener sus suposiciones.

1.2.2.3. Terminología empleada

Durante todos estos años de investigación las ideas previas han sido identificadas en la literatura bajo distintas denominaciones (Mintzes, 1984; Pozo 1993; Flores 2000), la diferente terminología empleada para referirse a las ideas previas a dado pie a la formación de también diferentes interpretaciones que se dan sobre ellas, lo que hace notar la diversidad de pensamientos que pueden surgir sobre un tema específico, situación que asemeja de alguna manera lo ocurrido con las distintas interpretaciones que los alumnos dan a los sucesos de la naturaleza (Pozo, 1993).

El uso de distinta terminología ha originado un cierto grado de confusión entre los investigadores que muchas veces termina por dificultar el análisis y utilidad de estas ideas, precisamente por la interpretación que se le pueda dar a cada una de ellas. En la literatura se han publicado diversos nombres propuestos por distintos autores que convergen en la investigación de esta temática, entre las palabras incluidas en este gran repertorio de vocablos se encuentran nombres que van desde "preconceptos", "la ciencia de los niños" "Teorías en acción" (Driver 1989), "Concepciones espontáneas" (Pozo y Carretero, 1987) y la que inicialmente se empleo reconocidas bajo el término de "conceptos erróneos" propuesto por Novak, (1988).

Inicialmente las ideas previas fueron reconocidas como "conceptos erróneos", este término sin embargo fue tema de gran controversia, ya que se definición a menudo conducía al pensamiento de que las concepciones emitidas por los alumnos se originaban como un fracaso para entender lo que, según los profesores, representaba apropiadamente un concepto, de esta forma las ideas con las que llegaban los niños a las escuelas eran consideradas como un conocimiento erróneo o equivocado (Tema, 1989).

Autores como Driver, Squieres, Rushworth y Wood-Robinson (1994) argumentaron que las ideas de los niños no eran, en un verdadero sentido, concepto erróneos, primeramente porque los alumnos no habían sido expuestos previamente a una enseñanza científica y segundo porque el término "erróneo" denotaba un fracaso o una manera irracional de percibir la información externa, manera muy despectiva de identificar este proceso de pensamiento en los alumnos. Driver (1989) dividió el estudio de las ideas previas o concepciones alternativas como les llamo, en dos corrientes diferentes, en cada uno de estos grupos, se utilizan términos diferentes para denotar la función que desempeñan estas ideas previas, a continuación se hace mención de estas dos divisiones:

- ◆ Por un lado se encuentran los estudios nomotéticos sobre las concepciones alternativas, en donde el conocimiento de los niños es evaluado conforme a una base estándar del

conocimiento, por ejemplo el científico. La palabra nomotético se refiere al fundamento que se tiene sobre alguna situación, al conocimiento derivado de algo previamente establecido. En este sentido el conocimiento se evalúa de acuerdo a la congruencia entre las respuestas de los alumnos y la corriente científica que fundamenta este conocimiento. Los términos usados en esta categoría son muy diversos, entre los cuales se pueden mencionar: "concepciones ingenuas", "ideas erróneas", "comprensiones erróneas", "ideas preinstructivas", "dificultades persistentes", "dificultades conceptuales", "conceptos precientíficos" y "conceptos erróneos".

- ◆ El segundo grupo corresponde a los estudios de las ideas previas visualizadas desde un punto de vista ideográfico, en esta categoría la comprensión de los alumnos es probada, estudiada y analizada a partir de sus propios términos. La referencia ideográfica de esta perspectiva conduce a interpretar lo que los alumnos piensan, es por esta razón que en este estudio se involucra la explicación individual de casos para encontrar características comunes. Los términos que aquí son empleados para identificar las ideas previas también son muchos como por ejemplo, "modelos personales de la realidad", "ideas de los alumnos", "concepciones alternativas", "ideas de los alumnos", "camino espontáneos de razonamiento", "ciencia de los niños", "construcciones personales", "creencias intuitivas" etc.

Algunos otros términos podrían enfatizar aspectos sobre la comprensión de los alumnos tales como el desarrollo, la cronología, el contexto etc. A continuación se mencionan algunos casos:

- ◆ Aspectos del desarrollo: se emplean calificativos tales como "ingenuo", "pre" o "desarrollo".
- ◆ Aspectos cronológicos: utiliza términos como "primeras nociones", "comprensiones intermedias" o "conceptos de niños pequeños".
- ◆ Aspectos de contexto: en este apartado utilizan palabras como "cotidianos", "del salón de clases", regionalismos etc.

1.2.2.4 Las ideas previas de los estudiantes acerca de los conceptos biológicos

El estudio sobre las ideas previas, independientemente del campo en el que se desarrolle, se centra generalmente en conceptos que resultan básicos para la comprensión de otros, ya que a partir de ellos se filtra y se escoge la información que posiblemente pueda completar o limitar la formación de un nuevo concepto (Giordan, 1987). A este respecto se han realizado numerosos trabajos concernientes a la forma en que los alumnos construyen estos conceptos, pero es a partir de las investigaciones realizadas en el campo de la física cuando se da una apertura general a otros campos de la ciencia como lo son la biología y la química (Flores, 1996).

El estudio de la formación del conocimiento en los estudiantes acerca de los fenómenos naturales poco a poco se ha convertido en uno de los principales intereses perseguidos actualmente en la educación científica. En esta área, se tienen una tendencia notable hacia la investigación enfocada en el significado que los estudiantes dan a algunas palabras empleadas en las clases de ciencia y que también utilizan en su lenguaje cotidiano (Bell, 1981), en la educación biológica este aspecto es considerado de vital importancia debido a que se han identificado términos, como es el caso de "ser vivo", "animal" y "planta" que pueden dar pie a distintas interpretaciones y que pueden tener diferentes significados según quién lo lea o escuche (Velasco, 1991).

La anterior situación ha originado uno de los grandes problemas con los que se enfrenta la enseñanza de la biología: la inadecuada comunicación entre profesores y alumnos, este problema radica en que frecuentemente se asume que los alumnos tienen conceptos científicos de términos que son básicos para el estudio de las ciencias de la vida, cuando en realidad emplean éstos términos de manera indiscriminada (Velasco, 1991), de esta forma para su estudio en el aula se recurre a definiciones demasiado técnicas que difícilmente los alumnos logran comprender, pero que contribuyen en la construcción de esquemas mentales que mucho se alejan de las definiciones científicamente aceptables. Por tal razón es importante que en el proceso de enseñanza, y sobre todo de temáticas biológicas, se tenga un cuidado escrupuloso en el uso adecuado de los diferentes conceptos, ya que las interpretaciones que los estudiantes dan a éstos se convierten frecuentemente en la principal fuente que da origen a ideas previas (Bell, 1981; Velasco, 1991)

Igualmente en el campo biológico existen conceptos cuyo significado puede variar a lo largo de la historia y cuya interpretación representa el pensamiento específico de una época determinada, que de alguna manera al ser superado da lugar a una definición más reciente y aceptada de éstos conceptos.

La investigación sobre la formación de conceptos biológicos en estudiantes es significativa, y para su cuantificación se ha recurrido a la formación de bases de datos¹ en donde se citan los autores que han trabajado temáticas científicas que han sido relacionadas con el campo educativo.

De todas las investigaciones realizadas en torno al estudio de las ideas previas las dos terceras partes se han llevado a cabo dentro del campo de la física, seguidas (con una remarcada diferencia) por las realizadas en biología y finalmente por las hechas en las ciencias químicas (Wandersee *et al.*, 1994). Por lo que respecta a las ciencias biológicas se ha producido un regular cuerpo de literatura enfocado en interpretar el conocimiento que presentan los estudiantes sobre conceptos biológicos. Los estudios en biología indican que las investigaciones realizadas en este campo pueden ser clasificadas dentro de cinco grandes tópicos:

¹ Por ejemplo la base de Duit, la base de ERIC y la base de ideas previas
<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>

1. conceptos relacionados con el estatus de vida
2. conceptos de animales y plantas
3. el cuerpo humano
4. Continuidad (que incluye reproducción, genética y evolución)
5. y otros fenómenos biológicos (que van desde la célula hasta las cadenas alimenticias)

Sobre los trabajos relacionados con los conceptos del mundo natural se tiene cuenta que comenzaron desde hace unos 60 años, iniciados desde los trabajos de Piaget en 1929. En estos trabajos se concentran notables esfuerzos por establecer mecanismos que conduzcan al cambio conceptual de manera gradual y paulatina (Carey, 1985 citado por Wandersee, *et.al*, 1994). En dichos mecanismos se considera a las ideas previas como la principal herramienta en el diseño de estrategias de enseñanza que dirijan a los alumnos hacia un aprendizaje significativo.

Con respecto a los trabajos sobre temáticas relacionadas con el estatus de vida Wandersee (1994) menciona la propuesta realizada por Piaget acerca de una teoría de cuatro estados para tratar de explicar la emergencia del concepto de vida en los estudiantes, de acuerdo a esta teoría los niños adjudican vida a objetos que exhiben alguna actividad o utilidad (niños en edades de 3 a 7 años), movimiento de alguna clase (7 – 8 años), al movimiento espontáneo (9 – 11 años) y finalmente a las plantas y los animales (11 – 12 años). Posterior a esta teoría se encuentra las aportaciones de Carey (1985), quien sugiere que la adquisición del concepto de vida involucra toda una reorganización fundamental en las estructuras del conocimiento reemplazando con ello las nociones psicológicas por una “biología intuitiva”

En lo referente a los estudios realizados sobre la comprensión de los estudiantes acerca de conceptos relacionados con plantas y animales se tiene un considerable cuerpo de información (Ryman, 1974a, 1974b; Bell, 1981a; 1981b; 1982; Trowbridge y Mintzes, 1988, 1985; Tema, 1989, Velasco, 1991; Braund, 1991; 1996) en donde se ha reportado de forma generalizada y en estudiantes de todas las edades una alta restricción hacia el conocimiento de los animales y sus formas de clasificación, aplicando la categoría de “animal” casi exclusivamente a los vertebrados, especialmente a los mamíferos terrestres que pueden ser observados en zoológicos, casas, granjas etc.

De igual manera, se han reportado trabajos que incluyen ideas previas sobre la estructura y función celular, osmosis y difusión, crecimiento y desarrollo, fotosíntesis, genética molecular, herencia mendeliana, anatomía y fisiología humana y teoría evolutiva.

1.3. La elaboración del currículum científico

1.3.1. Bases para la elaboración del currículum

Hablar de currículum involucra toda una serie de contraposiciones de diferentes pensamientos y puntos de vista que convergen en el intento de responder a la frecuente cuestión de ¿qué hay que enseñar en las escuelas?

Por si sólo, el término currículum es sujeto de grandes controversias derivadas en gran parte de su reconocido carácter polisémico. En la literatura por ejemplo se han logrado identificar más de veinte definiciones diferentes referidas para el concepto currículum (Por ejemplo Taba, 1974; Sarramona, 1986; Coll, 1986; Bolívar; 1992; Puigdemívol, 1993; Barberá, 1995 por citar algunos). En el campo educativo un común denominador encontrado en las diversas definiciones adscritas para la palabra currículum es el que se refiere a todo aquello que vale la pena aprender a través de una selección valorada de conocimientos, habilidades y actitudes dirigidas a alcanzar un determinado nivel académico (Sarramona, 1986). El currículum, en esencia, es un plan enfocado tanto en el aprendizaje como en la manera para lograrlo, y su planificación obedece a atender tres puntos elementales: 1) la selección y el ordenamiento de sus contenidos, 2) la elección de las experiencias de aprendizaje por medio de las cuales será manejado dicho contenido y que llevarán a cubrir los objetivos planteados, y por último 3) la elaboración de planes que logren las condiciones óptimas para el aprendizaje (Taba, 1974).

La selección de contenidos es una tarea ciertamente difícil que implica la participación coordinada de distintas ideologías que van desde aquellas de índole histórico, social y político hasta las de análisis psicológico y pedagógico-didácticos, y cada una como es de suponer, defiende sus propias posturas e ideologías y se reclaman así mismas como componentes esenciales en la elaboración del currículum. En los siguientes apartados se describirá de forma concisa las aportaciones de cada una de estos pensamientos.

1.3.1.1. Fuentes psicológicas y pedagógicas (psicopedagógicas)

En la diversidad de criterios considerados en la confección de los currícula, es interesante destacar la valiosa participación que como papel configurador desempeñan las acciones de orden pedagógico y psicológico para la enseñanza.

Sarramona (1986), por ejemplo, menciona que la posición pedagógica en la elaboración del currículum provoca y posibilita el desarrollo personal de los estudiantes, además de que ofrece al contexto social sus conocimientos a cerca de las dimensiones básicas (tales como el lenguaje, los propios conceptos y las estrategias que se diseñan para su enseñanza) sobre las que resulta fundamental influir.

En el modelo pedagógico, la enseñanza del conocimiento no se limita a una simple organización secuenciada de contenidos sino que involucra también toda una red de estrategias metodológicas coherentes tanto con los conocimientos propuestos como con los propósitos que con ellos se pretende alcanzar (Sarramona, 1986). En este último punto uno los propósitos a los que se hace referencia y que es considerado como aspecto de atención prioritaria es el de la necesidad que existe en unir el aprendizaje escolar con el medio en el que se haya inserta la escuela, ya que con este vínculo se fomenta la integración a su propio contexto cultural que funciona como punto de partida para comprender su propia identidad y por tanto la integración y comprensión del resto de la diversidad cultural.

Para Barberá (1995) la fuente pedagógica del currículum recoge la fundamentación teórica existente, como la práctica educativa adquirida, ya que de esta se deriva una buena parte de la experiencia docente real que proporciona elementos relevantes e indispensables en la confección del currículum. La base pedagógica toma decisiones en torno a los criterios metodológicos de las diversas áreas, así como también en las técnicas, instrumentos o actividades a realizar y en las estrategias de elaboración y ejecución de los elementos constituyentes del currículum.

Por otro lado se tiene la base psicológica del currículo apoyada por autores como Taba, (1974) y Coll (1986), que fundamentan el establecimiento de temas y métodos de instrucción en torno a lo conocido sobre la naturaleza humana y sus procesos de aprendizaje. Como marco de referencia, estas bases psicológicas parten de diferentes enfoques cognitivos, entre los que caben destacar *la Teoría Genética de Piaget*, *la Teoría del Origen Sociocultural de los Procesos Psicológicos Superiores* de Vygotsky (en particular referente a la manera de entender el vínculo entre aprendizaje y desarrollo) y *la Teoría del Aprendizaje Verbal Significativo* de Ausubel (Tomado de Coll, 1986).

Los principios básicos que se comparten en estos pensamientos funcionan, para la visión psicológica, como principios generales que apoyan la elaboración del currículum y la forma de concretar sus componentes. El nivel de desarrollo de los alumnos y el aprendizaje significativo de los conocimientos son dos de los principios generales más ampliamente difundidos y estudiados y por consiguiente la influencia que han ejercido en la construcción de currícula en los diferentes niveles educativos ha sido altamente significativa.

➤ El nivel de desarrollo del alumno

Las experiencias educativas impartidas en las escuelas están fuertemente condicionadas por el desarrollo personal de los alumnos y por su competencia cognitiva general, en pocas palabras por su nivel de desarrollo operatorio. Para saber lo que ha de enseñarse a un nivel de edad determinado necesariamente se requiere tener conocimiento a cerca de la evolución intelectual de la niñez, la información sobre las formas características del pensamiento a distintos niveles de edad permite decidir cuál es el momento más adecuado para enseñar una temática en particular. Con el conocimiento de la función de la inteligencia y del desarrollo de las capacidades de los niños, se construye un fuerte cimiento que fundamenta la adopción correcta de los contenidos del currículum con las necesidades y capacidades de los estudiantes.

La Psicología genética, estudiada ampliamente por Piaget, ha revisado este desarrollo y ha puesto de manifiesto la existencia de diferentes estadios de desarrollo cognitivo en los niños, que con algunas leves fluctuaciones en la edad, se han vuelto universales en su orden de aparición. A cada uno de estos grandes estadios corresponde una forma de organización mental y una estructura intelectual que se traducen en determinadas posibilidades de razonamiento y de aprendizaje a partir de la experiencia.

- Nivel sensoriomotor: de 0 – 2 años
- Nivel intuitivo o preoperatorio: 2 – 6 / 7 años

- Nivel operatorio concreto: 7 – 10 / 11 años
- Nivel operatorio formal: 11 – 14 / 15 años

Por otro lado, de igual manera que con los estadios del desarrollo, las experiencias educativas están condicionadas también en gran medida por otro aspecto relacionado con el pensamiento de los alumnos: el conocimiento previo. Este conocimiento es el resultado de la intervención de varios factores: por la formación de ideas generadas a través de la observación directa de eventos naturales desencadenados a su alrededor, por la experiencia adquirida en cursos escolares o por la generación de aprendizajes espontáneos. En cualquier caso, es importante remarcar que los alumnos inician un nuevo aprendizaje siempre a partir de los conceptos, concepciones y representaciones que han construido en el transcurso de sus experiencias previas.

El reconocimiento de los niveles del desarrollo cognitivo, así como de las ideas previas ha puesto de manifiesto que el desarrollo del currículo exige atender de manera simultáneamente estos dos aspectos. Lo que el alumno es capaz de hacer y de aprender en un momento determinado depende tanto de su nivel de competencia cognitiva, es decir de su estadio operatorio, como de los conocimientos que ha podido construir en sus experiencias previas de aprendizaje. Así pues, el desarrollo de un currículo adecuado tiene como finalidad una doble vertiente, la enseñanza de conocimientos a través de las ideas previas de los estudiantes y su asimilación a través de destrezas, habilidades, conceptos y normas propias a su nivel de desarrollo cognitivo.

➤ El aprendizaje significativo

Un aprendizaje significativo implica la activa participación de los alumnos dentro del proceso de enseñanza, ya que con ella se establecen las relaciones entre un nuevo contenido y sus esquemas previos del conocimiento, esta actividad tiene una naturaleza fundamentalmente interna, y a menudo se confunde con el aprendizaje por descubrimiento, siendo éste sólo una de las vías posibles por donde se construye el aprendizaje significativo.

Finalmente después de revisar los elementos que tanto las fuentes psicológicas como pedagógicas aportan, se pueden mencionar esencialmente tres principios orientadores que emergen de ellas:

- La madurez intelectual de un individuo es la base fundamental de su aprendizaje
- Lo que los alumnos aprenden debe relacionarse con sus conocimientos previos
- La memoria permite que el niño tenga datos con los que pueda pensar

1.3.1.2. Bases socioculturales

La fuente sociológica se refiere a las demandas sociales acerca del sistema educativo, a los contenidos de conocimientos, procedimientos, actitudes y valores que contribuyen al proceso de

socialización de los alumnos, a la asimilación de los saberes sociales y del patrimonio cultural de la sociedad. Así pues, el currículum desde esta visión tiene por finalidad recopilar las funciones sociales de la educación y procurar que los alumnos lleguen a ser miembros activos y responsables de la sociedad a la que pertenecen. La escuela, como parte de una sociedad debe preparar a través del currículum alumnos capaces de interactuar con los continuos avances del medio en que se desenvuelve y a la vez ser renovadora de las estructuras sociales que en ella se desarrollan (Barberá, 1995)

1.3.1.3. Fuente epistemológica

Este enfoque juega un papel importante debido al constante cambio al que está sujeto el mundo de la ciencia y de científico como tal (Bolívar, 1992). El currículum tiene su fuente epistemológica en los conocimientos científicos que integran las correspondientes áreas o materias curriculares. La metodología, estructura interna y estado actual de conocimientos en las distintas disciplinas científicas, así como las relaciones interdisciplinarias entre estas, realizan también una aportación decisiva a la configuración y contenidos del currículum (Barberá, 1995).

1.3.2. Bases del currículum derivadas de las teorías del aprendizaje

La idea de partir de una base psicológica para el diseño del currículum condujo simultáneamente a reconocer que la naturaleza del ser humano y los procesos intelectuales que lo llevan al aprendizaje participan activamente en el establecimiento de los temas y las estrategias que finalmente formarán parte de este currículum escolar.

La capacidad de sobrevivencia de las teorías propuestas para explicar como los estudiantes adquieren el conocimiento se ve reflejada en los métodos de enseñanza y en las propuestas curriculares vigentes ya que en estos dos aspectos, independientemente del campo de estudio al que pertenezcan se pueden encontrar, en sentido literario, los restos fosilizados de casi todas las teorías del aprendizaje que han existido a lo largo de la historia. En épocas anteriores Taba (1974) reconoció que los métodos de enseñanza y los programas curriculares contienen componentes de muy diferentes teorías del aprendizaje. En la actualidad algunas de las asignaturas "clásicas" de la ciencia se enseñan todavía mediante los principios de las mencionadas y antiguas teorías, algunas incluso vuelven al punto de partida de la enseñanza, esto es, a través del aprendizaje por estímulo y respuesta, de cualquier forma es innegable reconocer que las diversas ideas sobre el aprendizaje han influido considerablemente en la elaboración del currículo como se muestra en la figura 1.1.

1.3.3. Elementos básicos del Currículo

En el diseño del currículo convergen un considerable número de posturas que trabajan conjuntamente en la determinación de los objetivos, contenidos y metodologías que coincidan en

dos puntos específicos de interés: el desarrollo del niño y el plan de acción institucional del sistema educativo (Bolívar, 1992).

Desde esta perspectiva el currículo manifiesta dos funciones diferentes; por un lado la de hacer explícitas las intenciones que persigue el sistema educativo gubernamental y por otro, la de servir como guía en la orientación de la práctica pedagógica. Esta doble función se ve reflejada en la acumulativa cantidad de información surgida de las distintas fuentes que fundamentan la elaboración del currículo y de donde se desprenden los elementos (conocimientos o contenidos, así como habilidades y destrezas) que finalmente formarán parte de éste. Para su análisis los elementos curriculares han sido reunidos en cuatro grupos distintos propuestos en torno a cuatro preguntas que intentan evidenciar el trasfondo que subyace en ellos y el papel participativo que desempeñan. En los renglones siguientes se hace mención de cada uno de estos grupos.

1. ¿Qué enseñar? Se agrupan aquí los elementos participantes en el planteamiento de los objetivos de la propuesta curricular. Estos elementos pueden ser de tres tipos: conceptuales, procedimentales y actitudinales (Bolívar, 1992; Barberá, 1995) y se pueden identificar en cualquier tipo de área o contenido temático. La estructura de estos tres elementos tienen la finalidad de presentar de manera analítica los contenidos de diferente naturaleza que deben estar presentes en el currículo a través de diferentes actividades e independientemente del momento (o estadio del desarrollo). Estos elementos dan la consistencia al nivel que se determine en el correspondiente proyecto curricular.
2. ¿Cómo enseñar? Los elementos de este grupo proponen metodologías que apoyen la enseñanza a manera de planificar y concordar con los principios que aconsejan las últimas investigaciones en el campo de la pedagogía y la psicología.
3. ¿Cuándo enseñar? La reunión elementos en este grupo se realiza con base a la información que proporcionen en torno al desarrollo y evolución de los alumnos. Los contenidos considerados a partir de una estructura científica y epistemológica, para estos elementos, deberán ser instruidos de manera secuenciada y en el momento en que su adquisición sea lo más rentable posible. (Barberá, 1995)
4. ¿Qué, Cómo y cuándo evaluar? Considerando que de alguna forma las enseñanzas y el aprendizaje tienen que ser evaluados, los elementos de este grupo sugieren, con base a los objetivos planteados, la aplicación de instrumentos adecuados a la capacidad de los alumnos y al tipo de contenidos a los que son expuestos. En primera instancia, los métodos evaluativos persiguen la averiguación de lo que los niños ya conocen y han aprendido a través de sus experiencias previas y a partir de esta base apoyar a su progreso y trasladarlos hasta el cambio de sus ideas previas.

1.3.4 Las ideas previas en el diseño del currículum

Los tópicos biológicos constituyen parte esencial de la formación básica de los estudiantes, lamentablemente su enseñanza a menudo se limita a un simple requisito con el que se debe cumplir para concluir los estudios de este nivel educativo. Afortunadamente esta situación ha sido atendida por autores dedicados a la investigación educativa, especialmente a la enseñanza de las ciencias biológicas, y han coincidido en la importancia que se le debe otorgar a la enseñanza adecuada de estos conceptos, que junto con los conceptos de otras áreas resultan un factor estructurante en la capacitación de los alumnos.

La enseñanza de la biología requiere de una minuciosa preparación que implica entre otras cosas la elaboración de currícula adecuados para la comprensión de los estudiantes. Este proceso ha sido sujeto de importantes cambios, que al igual que los métodos de enseñanza con el tiempo se han ido modificando con la finalidad de mejorar no solo la enseñanza de la biología, sino en general de todos los campos científicos.

Tradicionalmente el currículo científico era diseñado a partir del conocimiento disciplinar específico, de tal manera que los currícula elaborados para diferentes edades y niveles educativos respondían a una misma organización y a contenidos muy similares. Sin embargo en tiempos recientes se reconoce que a parte del criterio disciplinar de cada campo científico existen otros criterios de igual importancia que deben ser considerados en la elaboración del currículo. En este caso se encuentran los criterios derivados del desarrollo cognitivo e intelectual de los alumnos y de la forma en éstos aprenden. En este contexto, Pozo (1995) hace explícito que la capacidad del aprendizaje científico de los niños depende en alto grado de su nivel de desarrollo cognitivo en general, y por tanto la enseñanza de las ciencias debe estar dirigido a promover el desarrollo de las capacidades intelectuales de los niños, pensamiento propuesto en la actual visión constructivista de la enseñanza.

Dentro del enfoque constructivista el papel que desempeñan las ideas previas dentro de la enseñanza ha sido remarcado, en el caso de la confección del currículum las ideas previas también son consideradas relevantes, sobre todo porque su inclusión en la tarea de la selección de contenidos es en parte consecuencia de la respuesta que se ha dado a la necesidad de búsqueda de nuevas estrategias que mejoren los métodos de enseñanza. De esta forma, el estudio de las ideas previas constituye una nueva orientación considerada en la elaboración del currículo científico, ya que la información que en ellas subyace representa un elemento fundamental para la enseñanza de las ciencias de la vida.

Desde esta perspectiva, la enseñanza debe partir de las ideas previas de los estudiantes, que en términos de Pozo consiste en acercar el pensamiento de los estudiantes, es decir su "estructura lógica" a la disciplina estudiada. Aunque la estructuración de un currículum este esencialmente determinada por la estructura conceptual de las disciplinas, el conocimiento previo de los niños debe ser considerado debido a que sirve de indicador para la adecuación de las definiciones científicas al pensamiento de los alumnos.

En este sentido la construcción del currículum científico se inclina a hacia un proceso integrador, en el que se expresa de forma razonable la organización de la enseñanza científica, de hecho el enfoque del conocimiento previo de los alumnos ha traído consigo un notable interés por la epistemología y la historia de las disciplinas específicas que potencialmente son una fuente muy rica de criterios para la organización de los contenidos.

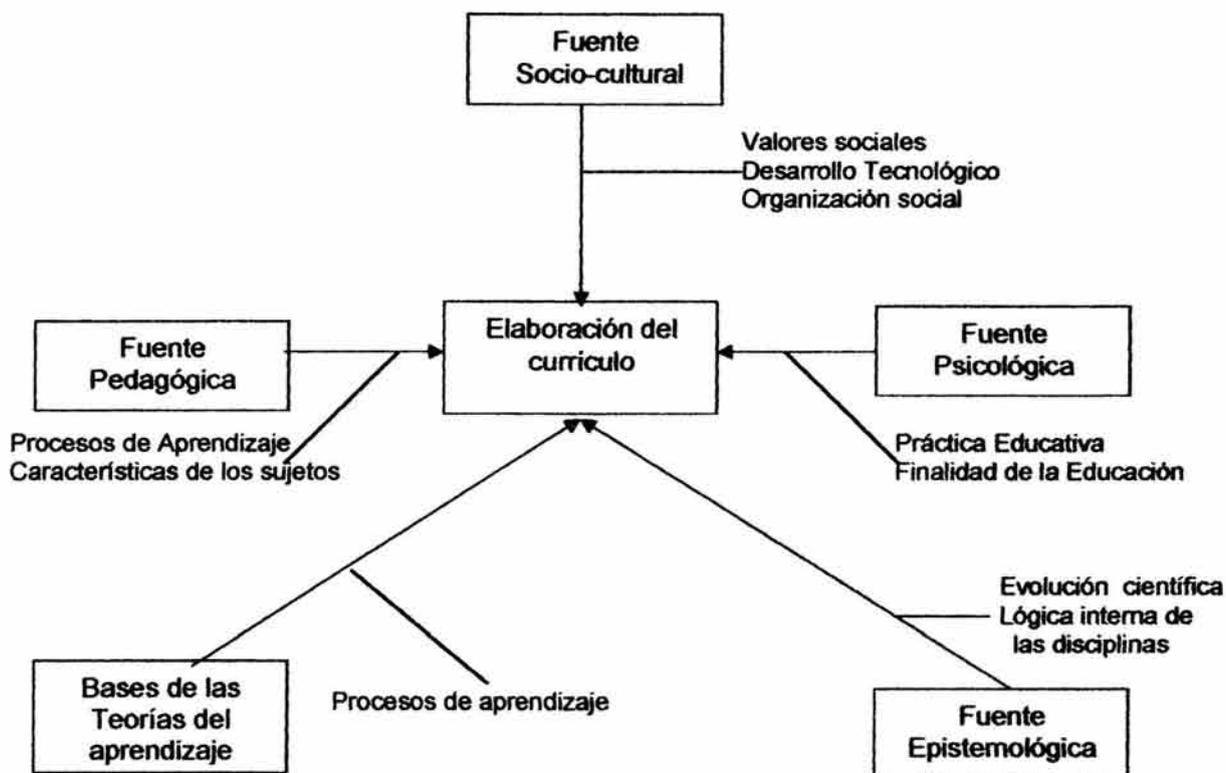


FIGURA 1.1. Bases del currículum científico (tomado de Barberá, 1995)

El conocimiento sobre las ideas previas ha constituido en las últimas décadas un elemento esencial para la selección de contenidos en la elaboración de currículas, la información que obtiene de ellas ha servido para detectar problemas conceptuales que interfieren con el aprendizaje. En biología, el estudio sobre las ideas previas ha sido relativamente limitado a algunas temáticas, en las cuales sin embargo se han obtenido resultados satisfactorios en cuanto a búsquedas de estrategias para mejorar su enseñanza se refiere. En el capítulo siguiente se hace una breve reseña sobre los trabajos que hasta la fecha se han realizado en relación a las ideas previas de estudiantes de primaria y secundaria sobre el conocimiento y clasificación de los seres vivos y se realiza una agrupación de estas ideas previas a manera de interpretar lo que subyace detrás de ellas, esta agrupación posibilitaría la inferencia de las representaciones de los estudiantes sobre el ordenamiento de la diversidad biológica a su vez que permitiría una mejor comprensión sobre las causas de los problemas conceptuales que subyacen en ellas.

CAPÍTULO 2

CATEGORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE IDEAS PREVIAS

2.1. Investigaciones sobre el conocimiento previo de los estudiantes acerca de la diversidad y el arreglo de la vida: revisión bibliográfica.

La clasificación es una habilidad cognitiva que ha sido ampliamente estudiada por el área psicológica, esta habilidad se basa en la relación que se establece entre la formación precisa de conceptos y el desarrollo de rutas sistemáticas en las que estos conceptos puedan ser arreglados (Lovell, 1968; Lazarowitz, 1981). En el área de las ciencias de la vida Inhelder y Piaget (1964) fueron las primeras personas en emplear conceptos biológicos para estudiar la habilidad de clasificación, de estos trabajos se desprende el conocimiento de que para los estudiantes resulta complicado reconocer a las plantas como organismos vivos, y aunque en el caso de los animales este reconocimiento no se complica tanto como en la primera situación, su identificación se plantea de una forma muy restringida. Del mismo Piaget se deriva la idea de que la habilidad para clasificar esta relacionada y depende en cierto sentido del desarrollo de las operaciones mentales de los niños así como de la internalización en su pensamiento de acciones previamente ocurridas con objetos actuales (Piaget, 1979).

El proceso de clasificar como función mental requiere el uso de conceptos y categorías, razón por la cual resulta de vital importancia construir en las aulas conceptos firmes que permitan a los alumnos construir clasificaciones acertadas. De la anterior situación ha surgido el interés por estudiar como los conceptos relacionados con el arreglo de la diversidad biológica son construidos por los

alumnos, cuáles son los criterios que emplean para clasificar la vida y en que características se basan para reconocer a los seres vivos en general. De los estudios realizados en torno a estas temáticas se desprenden trabajos que abordan de manera particular tres importantes vertientes: los animales, las plantas y los microorganismos, de esta forma estos trabajos pueden catalogarse de manera general en cuatro grandes grupos: 1) el reconocimiento de los organismos como seres vivos, 2) la identificación y clasificación de los animales, 3) la identificación y clasificación de las plantas y 4) el reconocimiento de los microorganismos.

Las investigaciones que abordan el estudio de las características que los estudiantes atribuyen a los organismos para considerarlos seres vivos resultan para esta tesis de primordial importancia, debido a que en general estos criterios son caminos que conducen hacia la clasificación biológica, respecto a esta temática en la bibliografía se identificaron varias investigaciones, de las cuales las de Ryman resultan ser fundamentales ya que los resultados que expone se han tomado como base para el desarrollo posterior de trabajos relacionados con la clasificación de los animales. En las siguientes líneas se hace un breve análisis de dicha investigación.

Ryman (1974a; 1974 b). Considerando que el estudio de la diversidad y clasificación de los seres vivos es la base fundamental para la enseñanza de la biología en las escuelas secundarias, este autor toma como referencia los trabajos sobre clasificación realizados por Natadtze y Piaget en la década de los sesentas para buscar una aproximación más inductiva en la enseñanza de la clasificación biológica.

En su propuesta Ryman enfoca sus trabajos en el desarrollo del pensamiento en niños de 12 años de edad con relación a la clasificación biológica, buscando con ello identificar los criterios empleados por los estudiantes para dar arreglo a la diversidad de la vida. El método utilizado para obtener esta información se basa en la observación de organismos vivos *in vitro* y en fotografías y dibujos arreglados en tarjetas. Los seres vivos presentados en estas tarjetas incluían especímenes animales tanto vertebrados como invertebrados así como también de plantas, el trabajo consistía en pedir a los estudiantes que dieran el nombre del organismo que observaban y del grupo en que proponían que debería estar arreglado.

Los resultados de los trabajos de Ryman muestran que la habilidad de los estudiantes de esta edad para dar un nombre específico a una variedad de animales en términos generales resultó ser satisfactoria, en contraste con lo referido a mundo vegetal en cuya situación se identificaron algunas dificultades sobre todo en el uso indiscriminado de términos como "planta" y "flor" evidenciando con ello importantes problemas conceptuales. La mala comprensión revelada sugiere una inadecuada formación de conceptos derivada principalmente del manejo diferente de definiciones entre alumnos y maestros que contribuyen significativamente en las dificultades de los estudiantes para clasificar plantas y animales. También puede ser posible que el desarrollo cognitivo de los niños de estas

edades este por abajo del nivel abstracto y que la tarea demandada para realizar la clasificación sea demasiado elevada.

Con estos resultados Ryman sugiere que la habilidad de los estudiantes para realizar clasificaciones depende en gran medida de la buena formación de conceptos que se construyan dentro de los salones de clase y por consecuencia de los métodos que se apliquen para su enseñanza, sin embargo este investigador también sugiere que aunado a este aspecto se encuentran otras variables como el nivel de concreción del alumno y el género, que se relacionan estrechamente en la ejecución de las clasificaciones. De esta forma se puede puntualizar que los problemas más sobresalientes que afectan el proceso de los alumnos para realizar clasificaciones se relacionan principalmente con el lenguaje y con las dificultades de conceptualización, así como también con los métodos de instrucción y con el nivel intelectual de los estudiantes.

De los estudios relacionados con la clasificación de los seres vivos, el reino animal ha sido una de las temáticas que más ampliamente se han estudiado. Los trabajos elaborados en torno a este tema esencialmente se han orientado hacia dos puntos específicos; por un lado investigar cual es el concepto que los estudiantes tienen de la palabra animal, y por otro conocer los criterios que los alumnos emplean para identificarlos y clasificarlos como tales. Pocos han sido los trabajos que han empleado grupos taxonómicos superiores como base para pedir a los alumnos que realicen clasificaciones, en la mayoría de los casos se ha dejado un libre criterio para que los estudiantes propongan los suyos propios, sin embargo, estos trabajos a pesar de no ser numerosos proporcionan información relevante acerca del uso de los conceptos que científicamente se utilizan en la clasificación biológica.

Bell (1981a, 1981b) Trabajando con niños neozelandeses de 10, 12, 13 y 15 años de edad este investigador exploró el significado que los estudiantes tienen del concepto de animal para investigar cual es la aplicación que le dan al clasificar organismos y que razonamientos emplean para realizar éstas clasificaciones. Bell obtiene la información que busca aplicando pruebas de opción múltiple así como entrevistas personales que parten de la idea de que los niños construyen sus propias definiciones a partir de fuentes no formales de enseñanza.

Los resultados de estas investigaciones indican que los estudiantes, particularmente los jóvenes, presentan un concepto bastante limitado del término animal, restringiendo su aplicación a organismos terrestres que habitan principalmente en hogares, granjas y zoológicos. Los criterios empleados para ejecutar la identificación básicamente se centraron en tres aspectos diferentes; primero en el número de extremidades, afirmando que son animales sólo aquellos organismos que cuentan con cuatro patas, de esta forma, las arañas que tienen ocho y las aves que tienen dos no son considerados animales. El segundo criterio empleado se refiere a la talla, en este aspecto, la tercera parte de los estudiantes cuestionados mencionaban que los animales poseían una talla grande, así

las vacas, los caballos y los elefantes eran reconocidos como tales, en cambio los insectos que son catalogados como criaturas de talla pequeña no son reconocidos como animales. Finalmente, 65% de los estudiantes entrevistados recurrieron al hábitat como criterio de identificación, en este caso se reconoce como animales a los organismos que viven sobre la tierra, por tanto, desde esta perspectiva los alumnos tienden a pensar que un pez no es un animal porque vive en el agua.

El punto central que discute Bell, es que evidentemente existe una restricción en el uso de la definición que los estudiantes dan del concepto animal, pero que esta restricción esta principalmente determinada por la confusión que se da entre el significado común que construyen los niños a partir de sus actividades cotidianas, y el significado y la definición que los profesores de biología enseñan en las aulas.

Para el concepto animal el estudio de las concepciones ha sido ampliamente tratado, de estos trabajos las investigaciones realizadas por Bell, analizados anteriormente, se consideran como uno de los trabajos pioneros en esta temática, a partir de las cuales se han realizado otros trabajos con alumnos de diferentes partes del mundo y de diferentes edades. Los resultados expuestos en estos trabajos posteriores prácticamente no presentan diferencias significativas, y el tema central que se ha discutido en cada uno de ellos es la visión restringida que los estudiantes tienen del concepto animal. Dentro de estas investigaciones pueden citarse los trabajos de **Tema (1989)** quien trabajó con estudiantes africanos de secundaria y preparatoria y en cuyos resultados indican que los escolares presentan tres distintas formas de pensamiento al intentar clasificar organismos dentro del grupo animal; primeramente se encuentra la orientación antropocentrista, en la que los alumnos emplean características humanas como punto de referencia para la clasificación, posteriormente se encuentra el pensamiento zoocentrista en el que se emplean criterios totalmente ajenos a las características humanas para clasificar a los animales tales como el hábitat, la apariencia externa y las funciones corporales (respiración y reproducción sobre todo) y por último se tienen una orientación intermedia entre la visión antropocentrista y la zoocentrista en la que el ser humano es considerado parte del reino animal, y por tanto se acepta la idea de que pueda presentar características similares a otros animales tales como extremidades, glándulas mamarias o lengua. Otras investigaciones relevantes en esta temática fueron las realizadas en España por dos diferentes investigadores: **Velasco (1991)** quien trabajo con estudiantes de 15 a 18 años de edad, y **Mateos (1998)**, que se enfocó en alumnos de primaria y secundaria (8-14 años).

Por lo que respecta a los criterios que los alumnos emplean para clasificar a los animales o determinados grupos de ellos sobresalen las investigaciones de **Trowbridge y Mintzes (1985; 1988)** que en su trabajo conjunto reflejan el interés que la clasificación de los animales despertó en el ámbito de las ideas previas. En estos trabajos al igual que en los realizados por Bell se investigó la conceptualización del término animal en 468 estudiantes americanos que cursaban el nivel primaria y secundaria, adicionando en este estudio términos más específicos como la distinción entre

vertebrados e invertebrados, la identificación de las principales clases de vertebrados: mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces y ampliando la investigación con relación a como cambian estos conceptos en función de la edad. Cuando los estudiantes fueron cuestionados acerca de la clasificación de animales dentro de grupos taxonómicos se presentó al igual que en el concepto de animal un alto nivel de restricción, así en el caso de los vertebrados estos en general son reconocidos como animales de cuerpos grandes y voluminosos, resultados que coinciden con los obtenidos por **Braund (1991; 1998)** quién trabajo igualmente con estudiantes americanos pero de 12, 14 y 15 años de edad.

Con respecto a los trabajos realizados acerca del conocimiento y comprensión sobre las plantas, es importante destacar que está temática ha sido menos explorada en comparación con los estudios elaborados en torno a los animales. Los intereses con relación a este estudio básicamente han girado en torno a tres cuestiones principales; 1) que criterios emplean los estudiantes para considerar a las plantas seres vivos, 2) la comprensión que tienen los alumnos acerca del proceso de la fotosíntesis y 3) los criterios que utilizan para clasificar al reino vegetal.

En su estudio acerca de los criterios involucrados en la clasificación de los seres vivos, Ryman (1974) menciona que los estudiantes de 12 años tienen más dificultad para reconocer a las plantas que los animales, aunque los atributos a los que recurren para hacer esta distinción son muy semejantes. **Stead (1980)** en un estudio posterior analiza de manera concisa cuales son estos criterios, haciendo una distinción entre los científicamente aceptados y los que no pueden considerarse dentro del plan científico características para identificar a las plantas. Entre los primeros criterios, los estudiantes citan la pigmentación verde, la presencia de hojas, tallos, flores y raíces, la necesidad de luz y agua para crecer y la ausencia de movilidad. En las características no aceptadas científicamente se mencionan la talla, el hecho de que tengan que ser cultivadas por los humanos, el pensamiento de que las plantas se alimentan de sólidos del suelo y el empleo de características idiosincrásicas. El análisis de estas características reveló que los estudiantes tienen, al igual que en el caso de los animales, una visión restringida del concepto de planta comparada con la que pueda tener un biólogo, para Stead, esta restricción puede ser debida a la inhabilidad para distinguir entre los conceptos científicos y los no científicos.

Bell (1981a, 1981b) en relación a estudios en la comprensión de las plantas, menciona que en las características de índole más interno los escolares se enfocan en la distinción de las células animales y las vegetales, remarcando para éstas últimas la existencia de una pared celular, formas celulares completamente distintas a la de los animales y la presencia de clorofila, este mismo autor enfatiza que sin embargo la utilización de estos criterios empieza a ser usada por alumnos de edades mayores.

Finalmente las investigaciones relacionadas con la interpretación que los estudiantes tienen del concepto de microorganismo, al igual que en las plantas, son muy escasas. Los estudios que han

abordado este tema prácticamente se han centrado en los razonamientos que los alumnos plantean para definir el término microorganismo, que generalmente relacionan con los conceptos de germen y microbio a los que ligan directamente con las causas de las enfermedades. Entre los trabajos más relevantes elaborados en torno a esta temática se pueden mencionar los de **Nagy (1953)** quien trabajó con niños ingleses y americanos de 8 a 11 años de edad, con relación a la percepción que estos tienen de los microorganismos. De acuerdo con sus resultados las tendencias más frecuentes entre los estudiantes de este intervalo de edad son por un lado el reconocer a los microorganismos bajo el término "gérmenes" a los que asocian directamente con vectores causantes de infecciones y por otro lado la idea de considerar que solamente existe un sólo tipo de estos organismos. De esta forma, el término germen es empleado para designar a algunos microorganismos que son causantes de enfermedades, en este contexto debido a que algunos animales son medio de transporte de los gérmenes, la mayoría de los estudiantes concluye que estos organismos son animales, principalmente insectos.

Por su parte **Driver, Squires, Rushworth y Wood-Robinson (1994)** ejecutan un amplio estudio en el que incluyen otras líneas de investigación que se suman a la ya trabajada por Nagy (1953). En este trabajo el estudio sobre la comprensión que tienen los estudiantes en relación con la palabra microbio es abordada a partir de tres visiones diferentes: la percepción de los microbios como organismos vivos, como agentes de enfermedades y como eslabón de la cadena alimenticia. Sobre el primer punto, estos autores mencionan que los alumnos aplican el término microbio para reconocer organismos desagradables y sucios que identifican bajo la denominación de "bicho", en esta categoría incluyen a los insectos, particularmente a las moscas. En la segunda cuestión, sus resultados coinciden casi por completo con los expuestos por Nagy, atribuyendo a los microorganismos la causa de todas las enfermedades, sin considerar si éstas son contagiosas o no. Y por último, se discuten las ideas de los niños acerca del papel que desempeñan los microbios como organismos desintegradores y recicladores. En este sentido, los alumnos asocian la descomposición de la comida con la contaminación microbiana en el contexto de la salud e higiene, sin embargo también es importante la visión que los escolares tienen de los microbios como organismos que desempeñan un papel en la dinámica de los ecosistemas, atribuyendo a éstos la acción de descomponer la materia orgánica y reciclar carbono, nitrógeno, agua y minerales.

De la revisión bibliográfica anterior se obtuvieron un total de 141 ideas previas, de estas ideas 62 se relacionan con la clasificación de los animales, 37 con la de las plantas y 42 con la clasificación de los microorganismos. En los siguientes apartados se detalla la categorización por temas de estas ideas.

2.2. ¿Por qué categorizar las ideas previas?

La identificación de las ideas previas y los diversos subcampos de investigación derivados de ellas han dejado notables aportaciones para el desarrollo de la enseñanza de las ciencias. Fue a partir de las ideas previas que se distinguió el papel activo que juegan los estudiantes en el proceso de aprendizaje, así como también el reconocimiento de que este proceso de aprendizaje lleva implícito un problema de construcción y transformación conceptual. Es así como las ideas previas han influido de manera significativa en el replanteamiento y comprensión de problemas de diferentes áreas tales como las conceptuales, didácticas, curriculares, de evaluación, de formación docente etc. (Flores, López y Gallegos, 2001.)

Sin embargo, en la actualidad es evidente la insistencia que se hace sobre la necesidad de que todos los trabajos e investigaciones derivadas del campo de estudio de las ideas previas no se conviertan únicamente en un mero catálogo de concepciones de los alumnos, sino más bien que sean tomadas como base para avanzar hacia nuevos enfoques en donde se investigue una dimensión más amplia, y en donde el planteamiento no sea tanto sacar a la luz las restricciones del alumno sino averiguar lo que es capaz de hacer ante situaciones de aprendizaje favorables. Afortunadamente se ha empezado a trabajar en este sentido, y una de las utilidades que se le ha dado a la tan mencionada lista de ideas previas es, a través de una clasificación, tratar de interpretar lo que en ellas subyace y tomar esta información como punto de partida para el desarrollo de aspectos relacionados con la educación, por ejemplo la elaboración de currícula escolares y de estrategias que mejoren la enseñanza de los tópicos científicos.

Las ideas previas son consideradas por algunos autores como marcos de referencias que permiten comprender el razonamiento de los estudiantes sobre ciertos fenómenos de la naturaleza. Desde esta posición, la clasificación de ideas previas aporta valiosa información acerca de su naturaleza y trasfondo en términos de la ubicación que tienen en la estructura conceptual de los alumnos. Es por esta razón que en los diversos campos de la enseñanza de la ciencia existen notables esfuerzos por realizar categorizaciones, en biología sobresalen por ejemplo los trabajos de Bell, 1981 a y b; Trowbridge y Mintzes, 1985, 1988; Velasco, 1991; Mateos, 1998; por mencionar algunos, con lo que esencialmente se busca encontrar un referente común a los principales elementos de interpretación que presentan los alumnos ante la exposición que tienen con su medio inmediato (Flores, López y Gallegos, 2001). Al respecto, Towbridge y Mintzes (1981) mencionan que los estudios centrados en la clasificación de conceptos de los estudiantes han sido realizados en gran parte como respuesta a las continuas reformas curriculares que se han suscitado a partir del establecimiento de la nueva orientación educativa en los años sesenta. Por otro lado, la categorización da pie a establecer agrupaciones que permiten organizar las ideas desde una situación particular hasta una posible interpretación en conjunto.

En biología las investigaciones realizadas en torno a la categorización de concepciones sobre temáticas como cadenas alimenticias, bacterias, hongos, plantas acuáticas y terrestres, etc. han permitido identificar que en los estudiantes subyace una dificultad para formar conceptos que sean científicamente aceptados, y tal parece que la base de esta dificultad se encuentra en las ideas previas implicadas en la comprensión y clasificación de la diversidad biológica.

La clasificación del mundo viviente ha sido una actividad desarrollada desde la aparición del hombre sobre la tierra gracias a su afán incesante por conocer y entender a los organismos que habitan en su ambiente y con los cuales está en constante interacción. En la actualidad este interés no ha dejado de existir, de hecho el conocimiento de los seres vivos es uno de los temas más abordados por los alumnos sobre todo de los niveles básicos de la educación, hecho que ha traído la deformación y en muchas ocasiones la mala interpretación de los conceptos involucrados en ésta temática. De esta forma la comprensión de los niños acerca del conocimiento biológico se ha convertido en el centro de interés de varios trabajos realizados en distintas partes del mundo, por ejemplo Nueva Zelanda, Israel, Inglaterra etc., debido a que representa uno de los principales aspectos en torno al cual se forman una cantidad considerable de ideas previas.

La categorización de las ideas previas sobre la clasificación de los seres vivos que se realiza en este trabajo se basa en la propuesta sugerida en la ¹base de datos resultado del proyecto titulado "Preconceptos Científicos de los Estudiantes" que se llevó a cabo en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM, por lo que a continuación se enumeran los parámetros establecidos para dicha categorización.

2.2.1. Parámetros para la categorización de ideas previas

En esta propuesta se reconocen tres posibles niveles para la organización de las ideas previas: el de **concepción**, el de **categoría** y el de **marco**, cada uno de estos niveles van de menor a mayor generalidad, y tienen origen a partir del trabajo de Gilbert y Watss (Flores *et al.*, 2001) donde se analizan las diversas formas en las que se han interpretado las ideas previas. Para este caso los niveles de categorización se utilizan para organizar la información en términos de codificación y análisis. En las siguientes líneas se describen brevemente cada uno de los niveles antes mencionados.

- **Nivel concepción:** se refiere a la primera agrupación que se hace de ideas previas, y se establece fundamentalmente por la similitud en significados en cuanto a que se refieren al mismo fenómeno.

¹ <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>.

- **Nivel categoría:** éste es el segundo nivel de organización y en él se agrupan conjuntos de ideas previas que se refieren a un campo más amplio de explicación.
- **Nivel Marco:** éste último nivel implica la síntesis más alta que se puede hacer con las ideas previas. Aquí se intenta hacer una integración que abarque más de un campo de explicación dando cuenta de un marco de referencia interpretativo para un amplio conjunto de fenómenos y sus explicaciones.

También se considera como variable de categorización el nivel educativo al que pertenecen las ideas previas (en este caso los de la educación básica) así como también sus intervalos de edades.

2.3. Categorización y análisis

Las categorizaciones que a continuación se exponen están construidas con las ideas que estudiantes de primaria y secundaria expresan en torno a un tema que ha sido parte fundamental de los conceptos unificadores de la biología: el estudio de la diversidad de los seres vivos. El conocimiento de la diversidad biológica es un problema planteado, junto a otros de también gran importancia, incluso desde antes del establecimiento de los paradigmas globales de la biología, dando pie, desde un punto de vista histórico, a la emergencia de una rica fuente de información, plena en descripciones, que tiende a las explicaciones en torno a la organización del mundo vivo.

Dentro del contexto de la diversidad biológica, las ideas previas han sido organizadas en tres diferentes temáticas: 1) Reino Animalia, 2) Reino Plantae, y 3) Microorganismos, que incluye concepciones pertenecientes los reinos Fungi, Protista y Monera. Estos tres grupos inicialmente se trabajaron por separado, pero al término de las categorizaciones con la información recabada de cada una de ellas se presenta un análisis global de la temática completa. Por otra parte, se indican los niveles educativos abarcados que son aquellos que conforman la educación básica, es decir, la primaria y secundaria, en este caso, las categorizaciones también se hacen por separado.

Para todos los temas en el nivel uno las concepciones (c) obtenidas del primer agrupamiento de ideas previas se han numerado de forma consecutiva c1. c2cn, esta numeración se conservará tanto en primaria como en secundaria cuando alguna de las concepciones se llegará a repetir, de manera que en cada nivel educativo las concepciones no siempre aparecerán numeradas de forma consecutiva.

Las concepciones se agrupan en categorías (C). En este caso la numeración será particular para cada nivel educativo y además del número se adicionará una letra dependiendo del nivel educativo (p=primaria, s=secundaria). Ejemplo: C1p, C2p..... etc.

En los marcos de referencia (M), último nivel del arreglo, se agrupan las categorías, en este caso también la numeración será independiente para cada nivel educativo y de igual forma se les asignará

la letra inicial de cada uno de estos niveles. Por ejemplo para marcos de secundaria la numeración quedaría: M1s, M2s Etc.

2.3.1. Reino Animal

2.3.1.1 Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de los animales.

Las ideas previas relacionadas con este tema parten de visiones muy distintas, pero en realidad están orientadas hacia la identificación de las características que debe poseer un organismo para ser considerado animal. En este sentido, la determinación de estas características parte de tres aspectos principales; 1) la presencia o ausencia de huesos, 2) Aspectos ecológicos y conductuales determinados por la influencia social, y 3) la utilidad o perjuicio para el ser humano.

1) Ideas relacionadas con la presencia o ausencia de un esqueleto

Concepciones

c1 Los animales tienen columna vertebral

c2 Los animales tienen cuerpos grandes con cabezas y extremidades.

c3 Los animales tienen un esqueleto con conexiones que permiten la movilidad y es sostén.

c4 Los vertebrados son mamíferos.

c5 Los animales que no tienen huesos carecen de columna vertebral.

c6 Los animales invertebrados tienen cuerpos delgados y flexibles, son de talla pequeña y cuerpo ligero.

c7 Los invertebrados son organismos que para moverse se arrastran.

Las concepciones anteriores giran en torno a la identificación de los animales a partir de la presencia o ausencia de un esqueleto, esta característica desencadena una serie de atributos que conducen a la formación de la dicotomía vertebrados - invertebrados. Esta dicotomía se representa en dos categorías que fueron resultado de la agrupación de las concepciones anteriores.

CATEGORÍAS

C1p Animales con huesos (vertebrados)

En esta categoría se reconoce como característica de los animales la presencia de huesos que dan lugar a la formación de un esqueleto. Este esqueleto proporciona de primera cuenta sostén y movilidad, características que a su vez sirven de origen a otros rasgos que se relacionan estrechamente con la presencia de éstas propiedades. De esta forma, los cuerpos grandes, es decir visibles a simple vista, las extremidades empleadas para el desplazamiento y las cabezas con ojos, bocas y nariz, se asocian directamente con el concepto de animal. Siguiendo este mismo orden, el

resultado de la unión de todos éstos caracteres llevan al establecimiento de otro pensamiento; la suposición de que los organismos con huesos y todas las consecuencias que derivan de esta característica son mamíferos.

C2p Animales que no tienen huesos (invertebrados)

Esta categoría en realidad funciona como antagónica de la anterior, ya que el reconocimiento de que hay "otro tipo de animales" se formula a través de la comparación que se hace con los animales que tienen huesos. De cualquier forma este pensamiento refleja de alguna manera en los alumnos la noción de la diversidad en los seres vivos.

Para este caso, las características que se derivan de la ausencia de huesos conducen en repetidas ocasiones a la formación de confusiones, sobre todo porque se formulan a partir de características propias de animales que presentan un esqueleto, por ejemplo, una serpiente es considerada como un animal que carece de esqueleto debido a varias razones; primero porque no presenta extremidades para desplazarse y por tal motivo tiene que arrastrarse, seguida de la idea de que es flexible y esta flexibilidad evita toda posibilidad de tener huesos ya que éstos son duros y no se pueden doblar, por otra parte también se encuentra el factor tamaño, ya que en general los animales con huesos deben ser, según los niños de esta edad, grandes. Así, la idea de cuerpos pequeños, que se arrastran, con flexibilidad y de aparentemente poco peso se ligan a las características que identifican a los animales que carecen de huesos.

Las dos categorías descritas pueden interpretarse bajo el siguiente Marco de referencia, en el cual se considera que los alumnos de primaria:

Marco

M1p Reconocen a los animales por la presencia o ausencia de huesos y por las características aparentes (que se observan a simple vista) que se derivan de esta propiedad.

2) Ideas relacionadas con aspectos ecológicos y conductuales determinados por la influencia social.

Las ideas agrupadas en este conjunto se arreglan en función al papel que los animales desempeñan dentro del medio que habitan, así, las ideas previas se organizaron con base a dos aspectos fundamentales; los ecológicos y los conductuales. A partir de esta postura los alumnos expresan ideas, que no propiamente son características, que permiten identificar y reconocer atributos en los seres vivos para considerarlos animales

a) Aspectos ecológicos

Concepciones

- c8** *Los animales fuertes cazan a los animales débiles*
c9 *Los animales macho (sexo masculino) son grandes, cuidan a las manadas y cazan*
c10 *Los animales viven en lugares determinados; en el bosque, en la selva o en el desierto*

CAT
EGO
RÍA

S

C3p Tamaño y fuerza

Las concepciones que aquí se conjuntan distinguen ambiguamente la existencia de niveles tróficos al reconocer que existen depredadores y presas, cada uno de los cuales se identifica a través de distintas características, así se asocia a los depredadores con la fuerza, con los tamaños grandes (por ejemplo tigre, león, oso etc) que proporcionan el éxito de la sobrevivencia y ecológicamente casi invulnerables, es decir sin competencias interespecíficas, sin disputas territoriales etc. En cambio, a las presas se les asocia con la debilidad y con los tamaños pequeños.

Por otro lado, el tamaño y la fuerza dirigen también a una visión androcentrista para la identificación de los animales en la cual se adjudican a los machos acciones que realizan las hembras.

C4p Hábitat

En este caso se realiza la identificación de los animales a través del establecimiento de un hábitat que esta determinado por la influencia social humana, es decir por caricaturas, películas cuentos etc.

b) Aspectos conductuales

Concepciones

- c11** *Los animales salvajes son animales feroces que atacan y matan*
c12 *Los animales domésticos son animales buenos que acompañan y ayudan al ser humano*
c13 *Hay animales astutos y amistosos, otros son crueles porque matan por matar*

CATEGORÍAS

C5p Animales buenos vs animales malos

En este grupo de concepciones las ideas previas marcan una dicotomía que es el establecimiento de animales buenos y malos a partir de sus características conductuales. De este modo se logran identificar animales salvajes y domésticos, los primeros reconocidos gracias a sus actos de matanza y ataque y por ende calificados como feroces o malos, y los segundos reconocidos por su capacidad de convivir con los seres humanos lo que conlleva a considerarlos como más valorados.

Es importante destacar que dentro de esta categoría a menudo se otorgan cualidades de carácter humano a las acciones desempeñadas por los animales de modo que se pueden reconocer en ellos características negativas como la crueldad o la cobardía, y características positivas como la amistad, la astucia y la fidelidad.

Marco

M2p Ecológico y Conductual

Las tres categorías descritas anteriormente se agrupan a su vez dentro de un marco de referencia ecológico y conductual, en donde, por un lado salen a relucir características ecológicas como la presencia de niveles tróficos en su sentido estricto (depredador-presa), y el nicho ecológico y por otro lado las características conductuales. En cualquiera de los casos puede notarse la influencia que han tenido las acciones humanas en estas formas de pensamiento.

3) Ideas relacionadas con la utilidad o el perjuicio de los animales para el ser humano.

Concepciones

c14 Hay animales que provocan trastornos al ser humano (picaduras, mordeduras o son venenosos).

c15 Algunos animales son útiles para el hombre

CATEGORÍA

C6 P interacción hombre-animal

La dicotomía “animales buenos” y “animales malos” lleva paralelamente otra visión en la identificación de los animales, en esta postura se adjudica a estos seres vivos una acción benéfica o perjudicial hacia los humanos, y predispone por lo tanto al reconocimiento de animales a partir de la valoración que se haga de ellos. Por lo anterior, considerando que el ser humano juega un papel determinante para la identificación, esta categoría puede ser explicada desde el siguiente marco referencial:

Marco

M3p Antropocentrismo

Las ideas previas que conforman este marco parten de la relación de utilidad o perjuicio que pueden tener diferentes especies animales dentro de la vida y costumbres de los seres humanos, con esta visión se asigna una división de papeles entre los animales que frecuentemente conduce hacia el prejuicio sobre algunas especies.

En el siguiente esquema se representa la categorización completa de las ideas previas para el nivel educativo primaria.

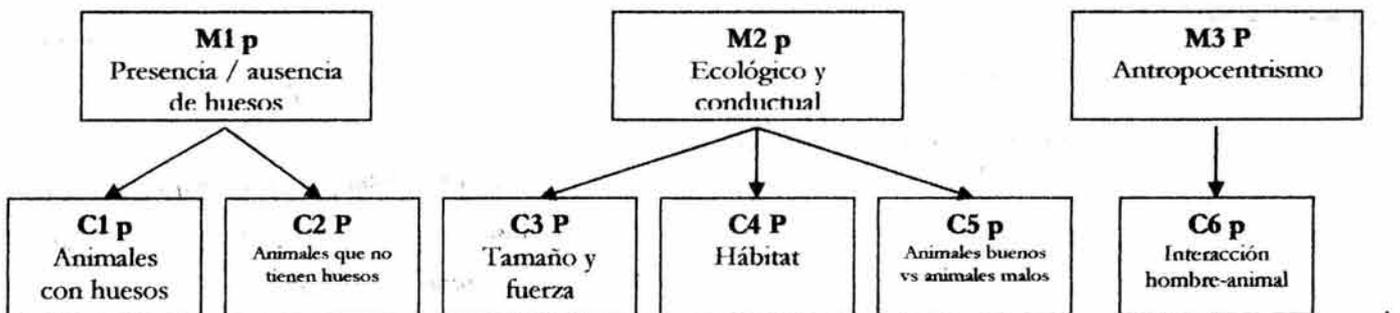


FIGURA 2.1 Categorización de ideas previas de estudiantes de primaria sobre la clasificación de animales

2.3.1.2 Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de los animales.

Para este nivel educativo las ideas previas reportadas fueron agrupadas en concepciones tomando en cuenta dos grupos: 1) las ideas de los estudiantes que se refieren a la identificación de los animales a partir de características aparentes (macroscópicas) y 2) el agrupamiento de animales, determinado también por características macroscópicas. A continuación se detalla el análisis.

1. Identificación determinada por características macroscópicas

Las ideas previas reunidas en este grupo básicamente se orientan hacia un proceso de identificación que se efectúa otorgando a los organismos en cuestión una serie de atributos que les permitan reconocerlos como animales.

Las concepciones obtenidas de las ideas previas se arreglaron de acuerdo a la característica o atributo a la que hacen referencia, de esta forma se llegó a los siguientes grupos:

- a) Presencia o ausencia de huesos
- b) Presencia de características externas para la identificación
- c) Empleo de aspectos fisiológicos para la identificación
- d) Aspectos ecológicos y conductuales determinados por la influencia social
- e) Ideas relacionadas con la utilidad o perjuicio de los animales para el ser humano.

a) Ideas alusivas a la presencia o ausencia de huesos

Concepciones

- c4 Los vertebrados son mamíferos.*
- c6 Los animales invertebrados tienen cuerpos delgados y flexibles, son de talla pequeña y cuerpo ligero.*
- c7 Los invertebrados son organismos que para moverse se arrastran.*
- c16 Los vertebrados son animales con cabezas y apéndices, tienen cuerpos grandes y rígidos*
- c17 Los vertebrados tienen un cuerpo con columna vertebral y esqueleto que les da movilidad y sostén*

Por su naturaleza, estas concepciones se agruparon a su vez en la siguiente categoría:

C1 s Animales con huesos vs animales sin huesos

En esta categoría básicamente los alumnos de secundaria emplean la división entre animales con huesos y sin huesos, siguiendo en esencia los mismos principios de comparación que utilizan los alumnos de primaria. Un aspecto relevante que surge en este nivel es el reconocimiento de la presencia de una columna vertebral dentro del cuerpo de los vertebrados, a la que se le atribuyen la mayor parte de las características de éstos animales.

b) Ideas que emplean la presencia de características externas para la identificación

Concepción

c18 Los animales son organismos grandes que tienen pelo y patas y emiten algún tipo de sonido

CATEGORÍA

C2s Tamaño, presencia de apéndices, de pelo y la emisión de algún tipo de sonido

Los atributos empleados en la presente categoría en realidad se relacionan estrechamente con las características que se usan para identificar animales mamíferos, sin embargo en este caso las características se orientan más bien hacia una identificación más "objetiva" en la que algunos supuestos se dejan a un lado (por ejemplo "tiene huesos porque es grande") dando lugar a opiniones basadas en la observación directa de dichos atributos (ejemplo: "Los animales tienen cuatro patas") que llevan a la formulación de predicciones a través de la evaluación del cumplimiento de ciertas reglas que sus propias observaciones les permiten establecer (Por ejemplo: "la araña no es un animal porque tiene ocho patas y los animales solo tienen cuatro").

c) Ideas que emplean aspectos fisiológicos para la identificación

Concepción

c19 Los animales comen, respiran, se reproducen, excretan y se mueven
c20 Los animales piensan porque tienen cerebro

CATEGORÍA

C3s Uso de criterios fisiológicos

Los criterios fisiológicos a los que se recurren los estudiantes para realizar la identificación no están basados en el papel que tienen en el cuerpo del organismo, es decir no se perciben como funciones vitales que son el resultado de un complejo nivel de organización celular. Los criterios fisiológicos son reconocidos como características más que como funciones.

Las tres categorías anteriores pueden interpretarse bajo el siguiente marco de referencia en el que los alumnos de secundaria consideran que:

Marco

M1s La identificación de los animales puede realizarse mediante el uso y reconocimiento de características o atributos externos (macroscópicos) que se perciben a través de observaciones directas que resultan en cierto grado evidentes para los alumnos

d) Aspectos ecológicos y conductuales determinados por la influencia social

e) Ideas relacionadas con la utilidad o perjuicio de los animales para el ser humano

En estos dos casos, el ordenamiento de las concepciones, al igual que las categorías y los marcos sigue la misma forma de organización que en el nivel primaria, el análisis de dicha organización indica una forma de pensamiento similar en ambos niveles educativos, no encontrándose ninguna variación relevante entre ambos grupos de estudiantes. A continuación se anotan los tres niveles de organización en forma breve.

1) Aspectos ecológicos

Concepciones

- c8 *Los animales fuertes cazan a los animales débiles*
c9 *Los animales macho (sexo masculino) son grandes, cuidan a las manadas y cazan*
c10 *Los animales viven en lugares determinados; en el bosque, en la selva o en el desierto*

CATEGORÍAS

C4s Tamaño y fuerza

C5s Hábitat

2) Aspectos conductuales

Concepciones

- c11 *Los animales salvajes son animales feroces que atacan y matan*
c12 *Los animales domésticos son animales buenos que acompañan y ayudan al ser humano*
c13 *Hay animales astutos y amistosos, otros son crueles porque matan por matar*

CATEGORÍAS

C6s Animales buenos vs animales malos

Marco

M2s Ecológico y Conductual

3) Ideas relacionadas con la utilidad o el perjuicio de los animales para el ser humano.

Concepciones

- c14 *Hay animales que provocan trastornos al ser humano (picaduras, mordeduras o son venenosos).*
c15 *Algunos animales son útiles para el hombre*

CATEGORÍA

C7s interacción hombre-animal

Marco

M3S Antropocentrismo

2. Agrupamiento determinado por características aparentes

En el proceso de agrupación los niños concentran animales dentro de conjuntos según una serie de características, que a su juicio son comunes entre ellos. Los criterios que los alumnos emplean para realizar las agrupaciones incluyen tres aspectos:

- El lugar que habitan los animales (por ejemplo si son acuáticos o terrestres)
- Su forma de desplazamiento (es decir, si vuelan, caminan, nadan o se arrastran)
- Aspectos morfológicos y de estructura (si tienen pelo, plumas, conchas etc., o si son de cuerpos grandes o pequeños)

Las ideas previas que contenían elementos relacionados con el agrupamiento se congregaron en las siguientes concepciones:

Concepciones

- c21 Los animales que viven en el agua son peces*
- c22 Los animales que vuelan son aves*
- c23 Los pingüinos son mamíferos porque tienen pelo*
- c23 Las tortugas son anfibios porque salen a la tierra a respirar y a poner huevos*
- c24 todos los moluscos tienen concha*

De acuerdo a los criterios utilizados para realizar las agrupaciones las concepciones anteriores se agruparon en dos categorías:

CATEGORÍAS

C8s Animales que viven en la tierra o en el agua y que caminan, vuelan o nadan

En este caso se hace uso del hábitat como característica común que permite agrupar a los animales de acuerdo al lugar en el que viven, por ejemplo algunos estudiantes de este nivel piensan que todos los animales que viven en ambientes acuáticos son peces, de esta forma y siguiendo esta línea los alumnos de secundaria tienden a reconocer un grupo de animales terrestres que está representado por los vertebrados, especialmente mamíferos, un grupo de animales acuáticos representado en general por los peces y un grupo de animales que habitan tanto en el agua como en la tierra que está representado por los anfibios. Esta forma de agrupamiento deriva a su vez en otros grupos, en donde se considera como característica ordinaria la forma de desplazamiento.

C9 s Presencia de pelo, plumas o escamas.

El reconocimiento de estas características permite hacer uso de grupos taxonómicamente establecidos, especialmente de los vertebrados, sin embargo en este ordenamiento se hacen muchas generalizaciones que finalmente llevan a confusiones, por ejemplo algunos alumnos piensan que los pingüinos son mamíferos porque tienen pelo (por su apariencia confunden las plumas con pelo), o que las tortugas son moluscos porque tienen una concha.

Los criterios de los que parten los estudiantes para hacer sus agrupaciones básicamente se determinan a partir de características externas que los alumnos aprecian de sus observaciones o del aprendizaje formal e informal. Por lo anterior las categorías y sus concepciones pueden referirse en el siguiente marco explicativo:

Marco

M4 s Agrupamiento empleando características aparentes.

En diagrama siguiente se esquematiza la categorización completa para este nivel.

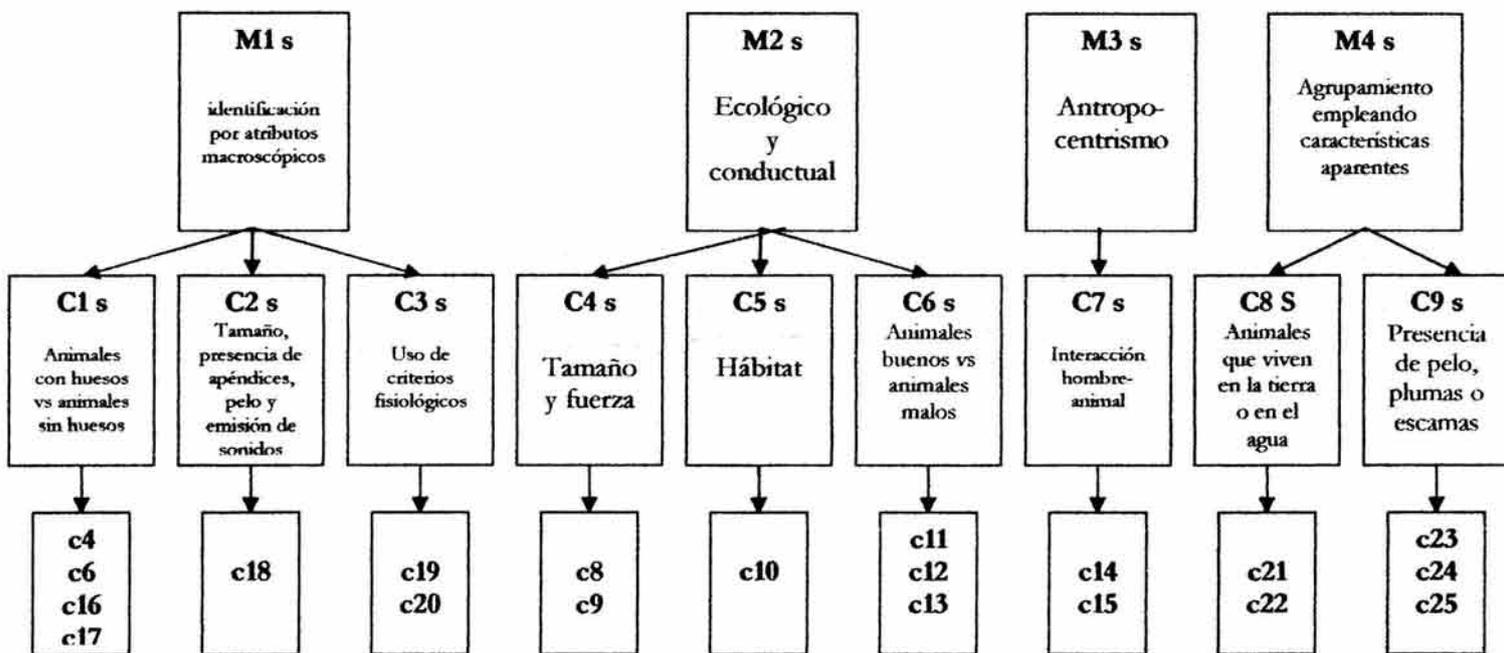


FIGURA 2.2. Categorización de ideas previas de alumnos de secundaria sobre la clasificación de animales.

2.3.1.3 Análisis global del tema Reino Animal

La categorización en ambos niveles educativos permitió reconocer dos grandes grupos de ideas que obedecen a dos procesos diferentes: la identificación y la agrupación de animales. A continuación se analizan independientemente ambos grupos.

1. IDENTIFICACIÓN DE ANIMALES

Tanto la identificación como el agrupamiento (o clasificación propiamente llamada por Mayr, 1995) son dos conceptos que a lo largo de la historia de las clasificaciones han sido objeto de confusiones y contradicciones. Para este autor la identificación no es una forma de clasificar, sino que es un elemento que forma parte del proceso de la clasificación. Investigadores como Bell (1981, 1982), Trowbridge y Mintzes (1988), quienes justamente han trabajado en cuestiones relacionadas con la

clasificación de animales en alumnos de diferentes niveles educativos, han señalado el proceso de la identificación dentro de sus resultados y han tomado este criterio como un camino para llegar a las clasificaciones. Para Mayr (1995) la identificación se basa en razonamientos deductivos que llevan finalmente al agrupamiento de individuos dentro de conjuntos mayores. Generalmente este proceso hace uso de pocas características con las cuales se lleva a cabo el asignamiento de los especímenes dentro de sus grupos.

En este caso con la categorización de ideas previas se pudo identificar que en los dos niveles educativos se presenta el proceso de identificación, y que en algunas ocasiones ambos comparten características que son aplicadas en el desarrollo de este proceso. En el siguiente cuadro se mencionan las características o criterios que emplearon los estudiantes para elaborar sus identificaciones y se marca cual de dichas características se presenta en ambos niveles escolares.

CUADRO 2.1 Características empleadas por alumnos de educación básica en la identificación de animales.

Proceso	Aspecto	Característica empleada	Nivel educativo al que pertenece	
			primaria	Secundaria
I D E N T I F I C A C I Ó N	Características macroscópicas	→ Presencia o ausencia de esqueleto	✓	✓
		→ Tamaño, número de apéndices y emisión de sonidos		✓
		→ Procesos fisiológicos		✓
	Aspectos ecológicos y conductuales determinados por la influencia social.	→ Tamaño y fuerza	✓	✓
		→ Hábitat	✓	✓
		→ Utilidad de los animales	✓	✓
	Antropocentrismo	→ Interacción hombre - animal	✓	✓

Los rasgos más importantes que destacan de los atributos empleados en la identificación de animales se mencionan a continuación:

A) Presencia / ausencia de huesos

Una de los principales obstáculos que surgen en la enseñanza de las ciencias es la diversidad de interpretaciones que se le pueden atribuir a un solo término, este hecho puede claramente ejemplificarse como lo han hecho notar Bell (1981) y Velasco (1991) en los problemas de comunicación que se establecen entre los maestros y los alumnos surgidos tanto por el uso de términos y conceptos de uso común como por la utilización de términos y conceptos científicos o técnicos, esto debido a la diferente conceptualización que tienen los docentes y sus alumnos sobre el objeto que estén tratando. Tal es el caso de los términos vertebrado – invertebrado, que al igual que otros conceptos empleados en biología llegan a tener diferentes significados según quien lo lea, lo

escriba o lo escuche, de esta manera, tanto en la escuela primaria como en la secundaria el uso de éstos términos es indiscriminado y no se toma en cuenta su valor taxonómico dentro de la clasificación.

Al referirse a los vertebrados como animales con huesos y a los invertebrados como animales que carecen de ellos, surge la tendencia de limitar o restringir las características que permiten reconocer a determinados organismos como tales, dando lugar a la formación de estereotipos que sirven como pauta en este proceso de reconocimiento. Sin embargo, como lo mencionan Bell (1981), Trowbridge y Mintez (1988) y otros autores la identificación basada en estereotipos (es decir en el uso restringido de características) con frecuencia conduce a identificaciones no acertadas y por tanto a la contradicción y confusión de ideas. Por ejemplo es común en estudiantes de los dos niveles educativos pensar que el cangrejo y algunos otros artrópodos son vertebrados porque tienen un exoesqueleto que cuando es aplastado truena, o que las serpientes son invertebrados porque tienen la capacidad de enroscarse, indicio de que no hay un esqueleto dentro de ellas.

B) Tamaño, número de apéndices y emisión de sonidos

Las características morfológicas son atributos comúnmente usados en la identificación de animales (Bell, 1981; Bell y Barker, 1982), sin embargo, como lo sucedido en la dicotomía vertebrado-invertebrado, el uso de éstos atributos morfológicos también implican un alto índice de restricción, sobre todo en el reconocimiento de un ser vivo como animal. El uso de este tipo de atributos se reconoce principalmente en la escuela secundaria, aunque también puede observarse en alumnos de primaria, sobre todo en aquellos que cursan las últimas etapas de este nivel.

De cualquier manera el empleo restringido de estas características es claro, ya que se hace uso de una serie de criterios estructurales externos que llegan a convertirse incluso en "reglas" que deben cumplirse para llegar a la identificación de un animal como tal, así por ejemplo el número de apéndices, la talla o la presencia de pelo son esenciales para este reconocimiento, sin embargo en muchas ocasiones son tan altamente limitados que se llega al pensamiento de que sólo los animales terrestres (por ejemplo las vacas, los caballos, los leones, los gatos) son realmente animales porque son "grandes", tienen pelo y cuatro patas.

C) Procesos fisiológicos

Los procesos fisiológicos a los que se hace referencia (como la respiración, el crecimiento, la reproducción y la alimentación) no se visualizan como procesos que son resultado de una organización celular y que actúan coordinadamente y con eficacia para el desarrollo de actividades tan cotidianas como el caminar, correr, alimentarse, comer o dormir.

Los procesos fisiológicos son en verdad percibidos como "características observables" más que como procesos internos, así por ejemplo la respiración no se concibe como un proceso a nivel celular que permite la obtención de energía, sino más bien como una característica común que

implica tener estructuras especializadas para ello tales como la nariz o cualquier otro orificio que sirva para "respirar". En algunas ocasiones los criterios fisiológicos como el movimiento, la reproducción y la sensibilidad son utilizados para distinguir a los animales de otros seres vivos, como de las plantas por ejemplo, en este caso las funciones se perciben como características únicas de los animales que los hacen incomparables a cualquier otro ser vivo.

D) Tamaño y fuerza

Dentro de los criterios categorizados como ecológicos y conductuales surge la relación entablada entre el tamaño y la fuerza de los animales que se liga al éxito de supervivencia que puedan tener en el ambiente que habitan, este éxito sin embargo no es explicado como una conducta propia de los animales que es desarrollada por la exposición ante factores ecológicos como la competencia intra e interespecífica, las disputas territoriales, la depredación etc, para los alumnos tanto de primaria como de secundaria la sobrevivencia de un animal en un ambiente determinado está en función de su tamaño y por lo tanto de la fuerza que este pueda aplicar ante otro animal que resulte peligroso para él, así se plantea la asociación depredador con fuerza y presa con debilidad, considerando a los primeros como ecológicamente casi invulnerables, es decir sin la ausencia de ningún tipo de competencia, y por tanto los más aptos para persistir.

Por otro lado se aprecia también otra percepción vinculada con el éxito de sobrevivencia, en la cual se transmite a los animales una visión androcentrista (es decir, que se otorga a los animales acciones que realizan los hombres, aunque en el reino animal estas acciones sean propias de las hembras como por ejemplo cazar o dirigir manadas (Mateos, 1998)) que adjudica a los machos acciones que realizan las hembras, para tratar de extrapolar los roles de género que se manejan dentro de las sociedades humanas a las conductas animales y justificar pensamientos como el que el padre es el guía, el que provee de alimento y da protección a la familia.

E) Hábitat

Uno de los criterios que más han estado expuestos a la influencia social es la identificación de los animales a partir de su hábitat. Para Mateos (1998) esta influencia social tiene principalmente su origen en los cuentos, las fábulas y las caricaturas donde se contextualiza a los animales dentro de lugares muy estereotipados, por ejemplo: "el león es el rey de la selva" o "los lobos viven en los bosques".

La influencia social aunada al uso restringido de características da como resultado una forma bastante limitada de asignación del hábitat de acuerdo a las capacidades de adaptación desarrolladas como respuestas a las condiciones del medio.

F) Utilidad de los animales

En general se aprecia una imagen concreta de los animales que es asumida en términos de conducta dando lugar a una dicotomía más en la identificación de los animales; la división entre animales

buenos y animales malos. Frecuentemente la división bueno-malo se establece por la atribución de comportamientos humanos a determinados animales, así los animales mejor considerados o más valorados son los animales domésticos que son los que pueden tener algún tipo de relación positiva con el hombre o que de alguna manera reflejan las actitudes de los humanos como la amistad, la astucia etc. De la misma manera se otorgan cualidades negativas sobre todo a animales que resultan dañinos o perjudiciales para el hombre

G) Interacción hombre-animal (antropocentrismo)

La idealización de los animales como seres vivos cuya existencia esta condicionada a las actividades humanas permite reconocer que en éste pensamiento subyace un núcleo antropocentrista arraigado sobre todo en estudiantes de primaria, pero que subsiste también hasta los niveles de secundaria, creando uno de los principales inconvenientes para adquirir en niveles superiores una dimensión más real (por ejemplo comportamiento trófico, competencia etc) en la visualización de los animales

La imagen antropocéntrica que se les atribuye a los animales contribuye grandemente a la dificultad de visualizar a estos organismos en términos ecológicos y conductuales, conduciendo a una percepción centrada en la utilidad o perjuicio que puedan tener para los seres humanos. De esta forma se construye un criterio más para identificar a los animales que desde esta visión ocupan un espacio más dentro del nicho o hábitat humano.

2. AGRUPACION DE ANIMALES

Este proceso se presenta únicamente en el nivel secundaria, y para llegar a el generalmente se utilizan los mismos criterios que en el proceso de identificación sólo que dirigidos para reconocer grupos específicos, como en el caso anterior, en el cuadro siguiente se enlistan dichas características.

CUADRO 2. 2. Características empleadas por alumnos de educación básica en el agrupamiento de animales.

Proceso	Aspecto	Característica empleada	Nivel educativo al que pertenece	
			primaria	secundaria
A G R U P A C I Ó N	Hábitat	Forma de desplazamiento		✓
	Aspectos morfológicos y de apariencia	Presencia de pelo, plumas o escamas		✓

La agrupación básicamente se realiza considerando dos aspectos: el medio en que habitan los animales que se relaciona estrechamente con su forma de desplazamiento y las características

aparentes (es decir percibidas a simple vista) que a través de semejanzas o diferencias establecen la formación de grupos. A continuación se mencionan los rasgos más importantes de cada uno.

1. Hábitat. Por el medio en que habitan se reconocen dos grupos de animales; los terrestres y los acuáticos, en el primer caso los organismos incluidos en este grupo se limitan a especies de vertebrados y de forma más restringida a los mamíferos. Esta orientación puede obedecer a que el contacto más directo que tienen los niños con especies terrestres se da a través de los zoológicos, las granjas o los animales que viven en sus hogares. A menudo se encuentra una gran dificultad para integrar animales distintos a estos dentro de un grupo específico, tal es el caso de los reptiles y los anfibios. Surge también la tendencia de que a través del hábitat se restrinja el uso de características para los grupos identificados, por ejemplo se considera que por el hecho de vivir en el agua todos los organismos son peces.

2. Aspectos morfológicos y de apariencia. Las características morfológicas son el principal criterio empleado para agrupar animales, sin embargo su utilidad a menudo conduce al establecimiento de confusiones, sobre todo porque se construyen estereotipos que lejos de apoyar la identificación para el posterior agrupamiento, se convierten en obstáculos difíciles de superar. De esta manera por ejemplo, se piensa que una tortuga es un molusco porque tiene una concha, o que los pingüinos son mamíferos porque tienen pelo, características que para los alumnos identifican a estos grupos de animales.

2.3.2. Reino Plantae

2.3.2.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de las plantas.

En la Primaria, las ideas previas identificadas en las investigaciones relacionadas con la clasificación botánica, indican que hay dos aspectos importantes implicados en la determinación de estas ideas. Por un lado, se encuentran las representaciones estereotipadas - que en este trabajo se reconocen como prototipos- que forman los niños de determinados tipos de plantas construidas a partir de imágenes mentales, y por otro lado se presenta la identificación de las plantas a partir del lugar donde habitan y de sus necesidades nutricionales en donde se tiene la idea de que las plantas solamente pueden crecer sobre la superficie terrestre ya que este medio proporciona los materiales necesarios para su sobrevivencia. Es así como los estudiantes identifican varios grupos botánicos a partir de características, que desde su visión, son propias de ellas, el problema surge cuando algún miembro no presenta las características que definen al grupo, teniendo como consecuencia que dicho miembro sea clasificado dentro de otra agrupación o que no sea reconocido como planta. En los siguientes apartados se detalla el análisis.

1. Uso de prototipos

Concepciones

c1p *Todas las plantas son verdes y no se pueden desplazar*

c2p *Las hierbas son plantas de tamaño corto, tienen tallos delgados, hojas, raíces y flores*

c3p *Los árboles son plantas de tamaño (longitud) grande, tienen tallos gruesos formados de madera y muchas hojas.*

c4p *Los arbustos son plantas de tamaño (longitud) mediano, tienen tallos gruesos formados de madera y muchas hojas.*

c5p *Las cactáceas tienen espinas y son verdes.*

Las cinco anteriores concepciones corresponden a una de las visiones que más arraigadas están en el pensamiento de los estudiantes, esto es, el uso de características estereotipadas para identificar y clasificar seres vivos (Ryman, 1974; Bell, 1981). Dentro de las características empleadas para identificar a las plantas se encuentra en primera instancia la presencia de una coloración verde, que para los alumnos representa un atributo insustituible de estos seres vivos. Por otra parte se encuentra la identificación de algunos grupos vegetales específicos a partir de características particulares como lo es su forma de crecimiento, de esta forma los estudiantes de primaria reconocen como plantas a las hierbas, los árboles, arbustos y las cactáceas, cuyas características atribuidas dan pie a la formación de las siguientes cuatro categorías:

CATEGORÍAS

C1P Inmovilidad y coloración verde

En esta categoría, la inmovilidad (es decir, la imposibilidad de trasladarse de un lugar a otro) se presenta como una característica que los estudiantes atribuyen casi exclusivamente a las plantas, pero que las excluye del resto de los seres vivos debido a que la movilidad es un atributo que en general se asocia con el concepto de vida. Se considera también dentro de las características empleadas para la identificación, la presencia de una coloración verde, aunque este atributo no se fundamenta en el reconocimiento de la clorofila como un compuesto complejo que proporciona esta pigmentación en los vegetales.

C2p Hierbas

Las concepciones que integran esta categoría son parte de un proceso de agrupamiento que se realiza a través del establecimiento de prototipos. En general, los estudiantes tienden a formar "categorías de plantas" a partir del reconocimiento de características particulares; de esta forma los alumnos reconocen como un grupo específico de las plantas a la categoría que ellos mismos denominaron "hierbas", caracterizada por su forma de crecimiento ("son plantas de tamaño corto casi

pegado al suelo) que relacionan con la presencia de un tallo corto, gran cantidad de hojas y ocasionalmente la presencia de flores.

C3p Árboles y arbustos

En esta categoría las concepciones reunidas se orientan hacia el reconocimiento de dos formas de crecimiento distintos pero que sin embargo suelen ser confundidos debido a la combinación de características que atribuyen a cada uno. Por una parte tanto los árboles como los arbustos se asocian con la presencia de madera, que da lugar a la formación de tallos gruesos, y con una cantidad abundante de hojas, y por otra se distinguen por la longitud que logran alcanzar, atribuyendo tamaños largos a los árboles, y tamaños cortos a los arbustos.

C4p Cactáceas

Como un tipo de plantas las cactáceas son reconocidas a partir de la presencia de espinas como característica única que generaliza la identificación del grupo. Ninguna otra característica externa es empleada en la identificación, como por ejemplo tipo de fruto, flores, hábitat, formas de crecimiento etc.

De esta manera, las categorías anteriores pueden ser interpretadas bajo el siguiente marco referencial, en donde los estudiantes de primaria:

M1p Emplean prototipos determinados por características externas en la identificación de las plantas

3. Hábitat y requerimientos nutricionales

Concepciones

c6p Las plantas viven en la tierra

c7p Las plantas necesitan agua, sales minerales, sólidos, aire y luz solar para crecer

c8p Plantas son aquellas que se cultivan

Estas concepciones están agrupadas a su vez en dos categorías que se enfocan completamente en un proceso de identificación, en el cual los criterios involucrados se orientan hacia un plano más ecológico y funcional.

Categorías

C5p Las plantas son organismos terrestres

En primer término se considera como hábitat exclusivo de las plantas a la tierra, surgiendo con este pensamiento la idea de que estos organismos existen gracias a que los seres humanos las cultivan, excluyendo la representación de un crecimiento silvestre.

C6p Obtención del alimento a partir del subsuelo

Ligado a la categoría anterior, las concepciones incluidas aquí revelan que los estudiantes relacionan las estructuras anatómicas de las plantas tanto con el hábitat como con la forma de nutrición. En este último aspecto aunque las raíces no son mencionadas explícitamente como medio de nutrición se asocian directamente con el término “absorción” y con la estructura que hace posible que las plantas estén fijadas al suelo, siendo este medio para los alumnos el principal recurso de donde las plantas obtienen los materiales necesarios para subsistir.

De esta forma las categorías anteriores pueden ser interpretadas bajo el siguiente marco referencial, en donde los estudiantes de primaria emplean:

M2p El Hábitat y los requerimientos de nutrientes como principales características para la identificación de las plantas.

La categorización completa se resume en el siguiente esquema integrador:

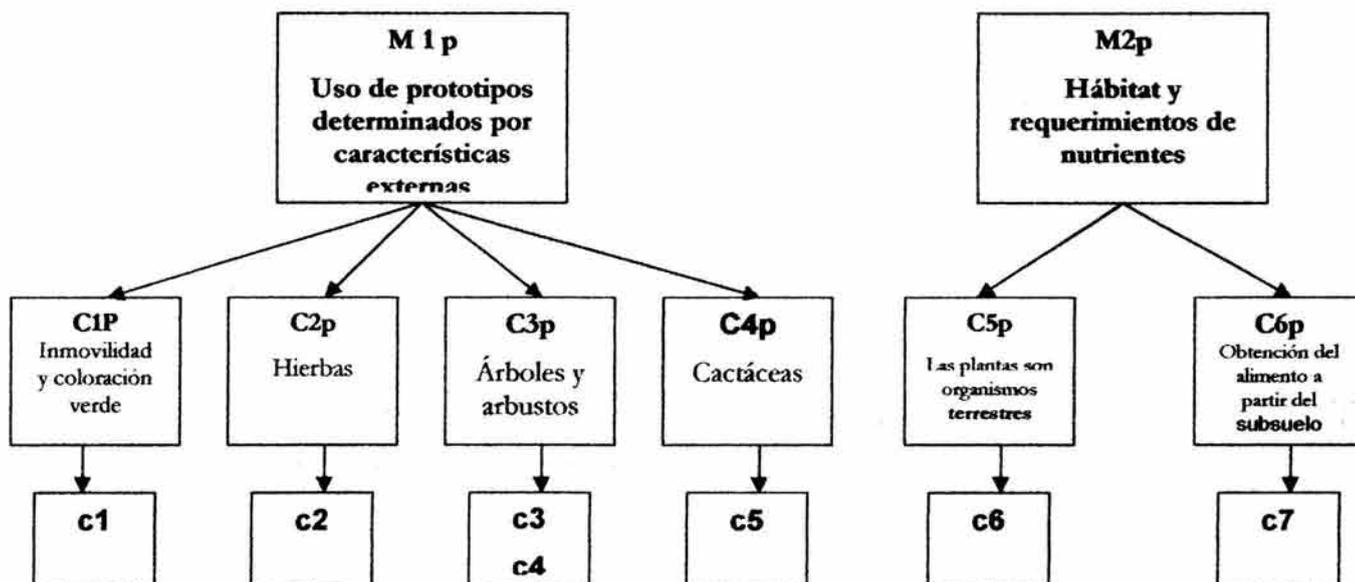


FIGURA 2.3 Categorización de ideas previas de estudiantes de primaria sobre la clasificación de plantas

2.3.2.2. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de las plantas

Es importante mencionar, que en este nivel educativo, existen muy pocas investigaciones enfocadas a la clasificación botánica. De las pocas ideas previas reportadas en estos trabajos, se puede apreciar una clara orientación hacia la identificación de las plantas, enmarcada por la visión antropomórfica, en la cual se recurre a la transferencia de características humanas para determinar las características de las plantas, esto se manifiesta en ideas donde se reconoce que las plantas, al igual que los humanos, realizan determinadas funciones vitales, pero que las plantas ocupan otros medios u otros órganos para realizarlas.

Concepciones

- c1 Las plantas realizan funciones parecidas a las de los humanos pero ocupan otras estructuras*
- c2 Las plantas tienen otras formas de respirar, alimentarse y reproducirse*
- c3 Las plantas son seres vivos porque crecen, respiran y se reproducen*

Las concepciones anteriores están formuladas a partir del reconocimiento de que las plantas llevan a cabo, al igual que el resto de los seres vivos, procesos fisiológicos, sin embargo esta idealización se formula a partir de dos visiones diferentes que dan lugar a la formación de las siguientes dos categorías:

C1s Visión antropomórfica

En esta categoría los procesos fisiológicos identificados en las plantas son atribuidos a partir de la identificación de estos mismos procesos en los seres humanos, de esta forma cuando los estudiantes reconocen que los humanos crecen, respiran y se reproducen, trasladan estas características al mundo vegetal a manera de otorgar a los organismos de este grupo el estatus de vida. Un aspecto característico en esta extrapolación es que los escolares mencionan que aunque ambos seres vivos, realizan las mismas funciones, las plantas emplean otras estructuras para llevarlas a cabo, por ejemplo respiran pero no tienen nariz, crecen aunque no tengan extremidades, o se reproducen pero de manera diferente a la de los humanos, sin especificar la forma.

C2s Visión a partir de las características generales atribuidas a los seres vivos.

A diferencia de la categoría anterior las concepciones que se integran aquí reconocen que el crecimiento, la respiración y la reproducción al igual que la alimentación y el movimiento son características que poseen los seres vivos en general, y en base a esta generalización es como se determinan las funciones que identifican a las plantas como un grupo particular de la diversidad biológica, incluyendo en estas funciones únicamente al crecimiento, la reproducción y la respiración.

Uno de los principales obstáculos que se presentan en la identificación y clasificación de las plantas es justamente el hecho que la mayoría de los estudiantes no reconocen a estos organismos como seres vivos. Las dos categorías anteriores dan cuenta de uno de los principales criterios que los estudiantes emplean para identificar a las plantas como seres vivientes, de esta forma ambas categorías pueden ser a su vez agrupadas dentro del siguiente marco referencial en el que los estudiantes de secundaria:

M1s Reconocen que las plantas son seres vivos a partir de la identificación de sus procesos fisiológicos

Otros atributos que los alumnos emplean para identificar a las plantas están expuestos en las concepciones siguientes:

Concepciones

c4 *Las células de las plantas tienen pared celular*
c5 *Las plantas son organismos autótrofos*
c6 *Las plantas no desarrollan un sistema nervioso como el de los animales*

El pensamiento que subyace en estas ideas está enfocado en un proceso de identificación en el cual las características empleadas para llevarlo a cabo están planteadas a partir de un pensamiento más abstracto, en donde salen a relucir atributos microscópicos o relacionados con funciones y estructuras netamente internas, de esta manera las anteriores concepciones se agrupan en la categoría siguiente:

C3 s Nutrición autótrofa / características celulares

En esta categoría se incluyen dos aspectos que aunque representan dos diferentes y muy importantes características que definen al Reino Plantae no son empleadas por los estudiantes en este sentido. En primer lugar se distingue a las plantas del resto de los seres por tener una nutrición autótrofa que los escolares definen como "elaborar sus propios alimentos", este tipo de nutrición lleva a reconocer a la fotosíntesis como una característica exclusiva de las plantas que sin embargo no es visualizada como un complejo proceso de alimentación. En segundo término se encuentra el empleo de características celulares como medio de distinción entre las plantas y los animales, aunque estas características están limitadas a la presencia de una pared celular, dejando a un lado estructuras como los cloroplastos.

Esta única categoría puede interpretarse en el marco siguiente:

M2 s Identificación determinada por características internas

Por último, se presenta la categorización de ideas previas referentes a este tema y nivel educativo en el siguiente esquema.

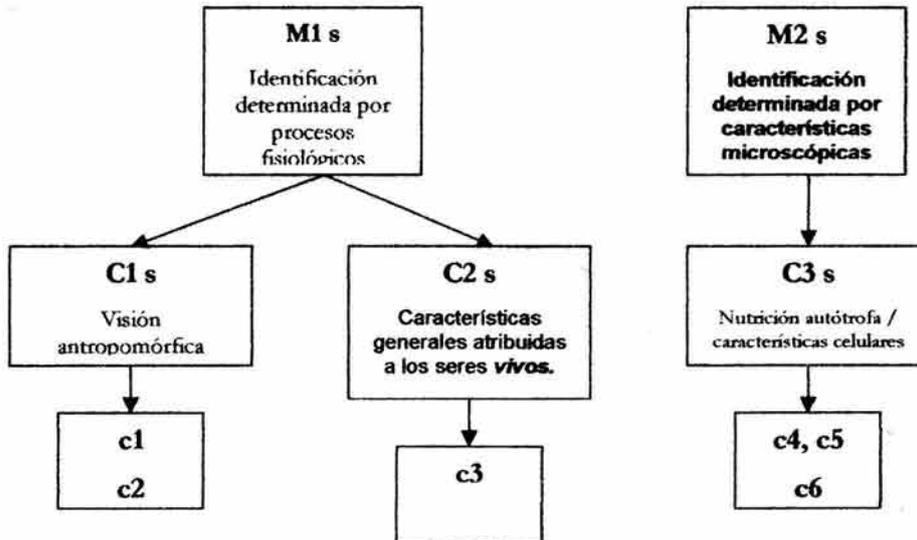


FIGURA 2.4 Categorización de ideas previas de estudiantes de secundaria sobre la clasificación de las plantas

2.3.2.3. Análisis global del tema Reino Plantae

Un problema que surge en la clasificación de las plantas, es sin lugar a dudas los pocos trabajos que se han realizado en torno a este tema. Esta situación se refleja en los contados niveles educativos en los que se ha integrado para tratar de reconocer las ideas que presentan los estudiantes en el estudio de la clasificación botánica.

En este análisis se exponen las principales tendencias que se presentan en el pensamiento de los estudiantes de educación básica sobre la identificación y clasificación de las plantas. Con la categorización anterior de ideas previas se pudo reconocer que en el pensamiento de los alumnos subyacen dos procesos diferentes, la identificación y la agrupación de plantas, cuya presencia sin embargo se ve sujeta a las tareas clasificatorias a las que son sometidos los educandos con la finalidad de abstraer información relacionada a su conocimiento previo. Las tendencias antes mencionadas pueden resumirse en los siguientes tres puntos.

1. Uso de prototipos en la identificación y clasificación de plantas
2. Requerimientos nutricionales de las plantas como medio de identificación
3. Reconocimiento de procesos fisiológicos en la identificación de plantas

En ambos niveles se puede apreciar que una parte considerable de los estudiantes tienden a presentar problemas en el reconocimiento de las plantas como seres vivos, una situación común es la de pensar que estos organismos no pertenecen al mundo vivo ni al mundo inerte, sino que conforman un mundo intermedio entre estos dos, de esta situación se derivan muchas otras, que traen como resultado problemas en la identificación y agrupamiento de las mismas.

En la primaria, por ejemplo, se presentan dos situaciones, por un lado, la agrupación de las plantas apoyada en el uso de prototipos, es decir, de características estereotipadas (como color, tamaño, presencia de flores, hojas, tallos etc.) que limitan el concepto y que hacen más restringida la identificación, ya que cuando los estudiantes se ven ante ejemplares que no entran dentro de estos prototipos, difícilmente pueden ser identificados y agrupados como plantas. Por otro lado, se encuentra la identificación de las plantas, apoyada en criterios relacionados con el hábitat y los requerimientos nutricionales, en este apartado, se piensa que las plantas solamente pueden vivir en la tierra, ya que de esta se obtienen todos los elementos necesarios para que puedan crecer. Cuando se presenta algún ejemplar que no cumple con esta condición, que es el caso de las plantas acuáticas, entonces surge el conflicto de cómo reconocer y agrupar a estos seres vivos, en algunas ocasiones incluso, se menciona que estos organismos no pueden ser plantas simplemente porque no habitan en la tierra.

En el caso de la secundaria, las dos situaciones anteriores no se presentan, en este nivel, se tiende más a reconocer a las plantas a través de las funciones vitales que éstas puedan realizar y que son comparadas primeramente con la de los humanos y después con las del resto de los seres vivos o de los animales. Así en este reconocimiento se puede apreciar una visión antropomórfica, ya que en muchas de las comparaciones que se establecen, el hombre es la referencia a partir de la cual se hacen generalizaciones. Por otro lado se aprecia también en este nivel el surgimiento de un proceso más abstracto, en el que los estudiantes recurren a criterios más internos para la clasificación como la estructura de las células, la fotosíntesis y la falta de desarrollo de un sistema nervioso.

2.3.3. Microorganismos

2.3.3.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel primaria relacionadas con la clasificación de los microorganismos.

El término microbio o microorganismo es empleado por los estudiantes del nivel primaria con un significado general que, en la mayoría de las veces, se aplica de forma indiscriminada y al que sin embargo se le atribuyen diversos usos, sobre todo en los procesos que se llevan a cabo para reconocer a estos organismos.

Dentro del uso generalizado del término "microbio" se pueden identificar algunos otros términos, sobre todo de uso cotidiano (como por ejemplo "microorganismo", "bicho", "bacterias", "virus" o "gérmenes") a los que se recurre alternativamente para hacer referencia a estos seres vivos. Siguiendo esta línea, se han incluido para la categorización de este tema las ideas previas relacionadas con las bacterias, los hongos microscópicos y los virus debido a la idealización de "microbios o seres microscópicos" que los alumnos tienen de estos grupos.

Las ideas previas relacionadas con los microorganismos se enfocan en un proceso de identificación y reconocimiento en el cual se recurre a diversos criterios que se utilizan para formar prototipos de los cuales se parte para llevar a cabo dicha tarea. Partiendo de estos criterios las ideas previas han sido arregladas en los siguientes grupos:

1. Identificación determinada por la forma
 2. Identificación determinada por la función
- A continuación se detalla el análisis de cada uno.

1. Identificación determinada por la forma

Este grupo de ideas previas se divide en dos conjuntos, en el primero se reconoce a los microorganismos empleando figuras abstractas, en el segundo el reconocimiento se determina a través de la comparación con animales pequeños, especialmente artrópodos.

a) figuras abstractas **Concepciones**

<p><i>c1 Las bacterias son pequeños puntos negros, algunas otras son redondas y otras rectangulares.</i></p> <p><i>c2 Los gérmenes viven en el aire y no se pueden ver, son como polvo, mugre o veneno.</i></p>

CATEGORÍA

C1 p Representaciones abstractas

Los microorganismos son considerados como entidades que distintivamente presentan un tamaño microscópico que dificulta su observación a simple vista, característica que dificulta su apreciación como seres vivos con una morfología plenamente definida. El impedimento de la visibilidad conlleva a la formación de especulaciones que generalmente se formulan a partir de la comparación con algunos componentes que resultan también abstractos pero cuyas acciones reflejan en sí las acciones que se le otorgan a los microorganismos, por ejemplo el polvo que es fácilmente levantado por el aire y que está formado por partículas, o la mugre que se relaciona con la suciedad.

La anterior categoría puede interpretarse en el siguiente marco de referencia en el que el pensamiento de los niños del nivel primaria tiende a:

Marco

M1p Identificar a los microorganismos (reconocidos también como microbios, gérmenes o bacterias) a partir de las acciones y consecuencias derivadas de su tamaño microscópico.

b) comparación con imágenes animales

Concepciones

c3 Los gérmenes son animales ("bichos") muy pequeños y sucios, vuelan y pueden ser peligrosos para el humano.

c4 Las arañas y los mosquitos son microbios

CATEGORÍA

C2 p Representaciones concretas

Una forma concreta de identificar a los microorganismos es a través de algunas especies animales que desde la percepción de los estudiantes, resultan perjudiciales o dañinos para el ser humano. La talla diminuta, las mandíbulas, las alas y las extremidades numerosas son para los alumnos indicios de que dichos organismos representan algún peligro para ellos, sobre todo porque pueden ser agentes que les provoquen enfermedades o malestares (como los piojos o las pulgas), porque pueden ser causa de envenamamiento o alguna irritación (como las arañas) o simplemente porque son pequeños (por ejemplo las catarinas o las cochinillas).

Las ideas reflejadas en ésta categoría tienden a establecer una confusión entre los animales y los microorganismos (que siguiendo la línea del pensamiento de los estudiantes incluye bacterias, protozoarios y hongos microscópicos), por lo que se incluye en el siguiente marco explicativo:

Marco

M2p Identificación determinada por la proximidad espacial

La identificación bajo estos términos conduce hacia la confusión entre algunas especies animales (especialmente insectos) y los seres considerados como microorganismos ya que, según la percepción de los estudiantes ambos grupos comparten los mismos ambientes (el aire o la comida descompuesta, por citar algunos) y presentan características idénticas o similares, aunado a las ideas que se derivan de la información divulgada en cuestiones de salud, en donde algunos animales son considerados como vectores de parásitos o bacterias.

2. Identificación determinada por la función que desempeñan los microorganismos

En términos de su función los microorganismos principalmente se identifican como agentes causantes de todas las enfermedades y se le atribuye ésta acción a una sola clase de microbio, sin distinguir el

hecho de que hay enfermedades contagiosas, que son causadas por un tipo específico de agente, y enfermedades no contagiosas.

Las ideas previas reunidas en éste grupo se arreglaron a su vez en dos subconjuntos. En uno de ellos se incluyen las ideas en donde se reconoce específicamente la acción de los microbios como transmisores de enfermedades, en el otro se encuentran las ideas que expresan los medios por los cuales dichas enfermedades son transmitidas. En ambos conjuntos se recurre a características inherentes a los microbios que permiten establecer criterios para su identificación.

a) Microbios reconocidos como agentes causantes de enfermedades

Concepciones

<p><i>c5 Los gérmenes son microorganismos que causan enfermedades</i> <i>c6 Los microbios son gérmenes sucios que vuelan y son peligrosos para el cuerpo</i></p>
--

CATEGORÍA

C3 p Los microorganismos son gérmenes o microbios que causan enfermedades

En este conjunto de concepciones se aprecia la generalidad con que es tratado el término microbio, y aunque en algunas ocasiones se aplica de manera pluralizada en realidad no es reflejo de un conocimiento de la variedad. El uso generalizado del término conduce a la construcción de estereotipos a los que se le atribuyen características como la capacidad de volar y la dependencia con la suciedad que se relacionan directamente con la acción de provocar enfermedades e infecciones en el cuerpo humano.

b) Identificación de microbios por su medio de transmisión

Concepciones

<p><i>c7 La comida descompuesta y contaminada contiene microbios</i> <i>c8 Los microbios entran y salen del cuerpo por la nariz y la boca</i></p>

CATEGORÍA

C4 p La principal vía de contagio de enfermedades es la boca

Los microorganismos identificados bajo la acción de provocar enfermedades son reconocidos también por su forma de transmisión, siendo la comida la principal vía de infección. Este pensamiento lleva a la consideración de que los microbios habitan en restos de comida descompuesta o en lugares extremadamente sucios, y por lo tanto la boca, medio por el cual se ingiere la comida, es la entrada principal de los microbios al cuerpo. En más baja proporción se considera también a la nariz y a la piel como medios de entrada y salida de microbios.

Las dos categorías que forman parte de este grupo de ideas previas son agrupadas en el siguiente marco en el que se menciona:

M3p Los microbios causan enfermedades porque habitan en ambientes descompuestos, contaminados o sucios que están en contacto directo con el ser humano.

En la siguiente figura se presenta el esquema completo de la categorización para este tema y nivel educativo:

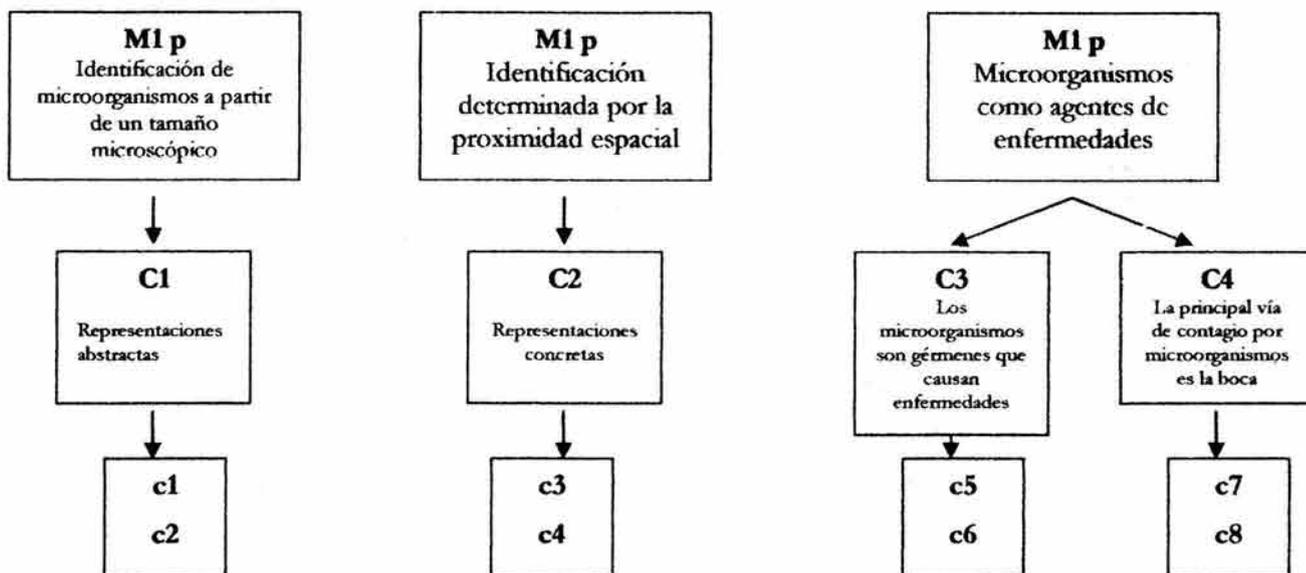


FIGURA 2.5 categorización de ideas previas de estudiantes de secundaria sobre la clasificación de microorganismos.

2.3.2.1. Categorización de ideas previas de estudiantes de nivel secundaria relacionadas con la clasificación de los microorganismos.

Las ideas previas que los alumnos enuncian en relación a los microorganismos se concentran en un proceso de identificación basado en una serie de características que permiten ubicar, a través de la deducción, a cierto tipo de organismos dentro de éste grupo. Tomando en cuenta éstas características la categorización en concepciones se realizó reuniendo a las ideas previas en cuatro grupos: 1) ideas donde se hace distinción entre diferentes tipos de microorganismos, 2) ideas que manifiestan características que son comunes a los microorganismos como grupo, 3) ideas que toman en cuenta aspectos fisiológicos para reconocer a los microorganismos como seres vivos y por último 4) ideas donde se reconoce el papel de los microorganismos en la estructura de los ecosistemas.

A continuación se detalla el análisis para cada grupo.

1. Distinción entre diferentes grupos de microorganismos

Concepciones

- c9 Existen diferentes tipos de microorganismos, algunos pueden causar enfermedades*
- c10 Las bacterias son microorganismos que atacan el cuerpo humano provocando enfermedades, pero en general son menos peligrosas que los virus.*
- c11 Hay algunas bacterias que causan beneficios al cuerpo*
- c12 Las bacterias son microorganismos que forman grandes manchas y en este estado suelen ser muy peligrosas.*
- c13 Los virus son más peligrosos que las bacterias porque atacan el cuerpo humano y se proliferan rápidamente dejándolo sin defensas.*
- c14 Los virus son microorganismos de características agresivas lo que los hace ser dañinos y peligrosos para las personas*
- c15 moho es un tipo de hongo microscópico que crece formando grandes manchas, es por esa razón que parece un hongo grande.*

Las concepciones anteriores expresan una gran diversidad de pensamientos que convergen en la diferenciación de grupos microscópicos de seres vivos, considerando este supuesto las concepciones resultantes se agruparon en cuatro distintas categorías.

CATEGORÍAS

C1 s *Los virus y las bacterias son dos tipos distintos de microorganismos*

Esencialmente en esta agrupación de concepciones se reconoce a los virus y a las bacterias como dos clases diferentes de microorganismos que sin embargo comparten características en común como el causar enfermedades. En algunos casos ambos grupos son tratados de manera generalizada como "gérmenes" precisamente por la característica que los relaciona, no obstante a pesar de esta generalización los estudiantes de secundaria reconocen que las enfermedades son provocadas por tipos diferentes de gérmenes.

C2 s *Existen diferentes tipos de bacterias*

Las concepciones que integran esta categoría reconocen a las bacterias como un grupo específico de microorganismos capaces de desempeñar diversas funciones, de esta manera se identifican bacterias que causan enfermedades (nombradas como "gérmenes"), otras que intervienen en la contaminación microbiana y por último algunas distinguidas por los beneficios que causan al cuerpo humano, por ejemplo en el proceso digestivo.

C3 s *Los virus como una clase de microorganismos*

Las concepciones que aquí se concentran reconocen a los virus como una clase de microorganismos distinta de las bacterias. A los virus se le adjudican características zoomórficas (como poseer dientes o ser agresivos) que los hace considerarlos como agentes de extrema peligrosidad para la salud, y cuyo éxito de infección es atribuido a su rápida capacidad de proliferación.

C4 s El moho como un tipo de microorganismo

Por su forma mucilaginosa el moho es identificado por los estudiantes de secundaria como un tipo de microorganismo porque es causante de contaminación y putrefacción de la comida, característica inherente a estos organismos. Su apariencia y forma de crecimiento lejos de ser considerados un peligro, como es en el caso de las bacterias, se prestan a la confusión y debido a estas características el moho es frecuentemente reconocido como un hongo macroscópico.

Las categorías expuestas anteriormente se incluyen en el siguiente marco:

Marco

M1s Identificación de grupos distintos de microorganismos determinada por su función y características particulares

En donde las ideas previas que lo conforman expresan el reconocimiento de una diversidad de microorganismos que se identifican tanto por las funciones que desempeñan en el ambiente como por las características que los califican como microorganismos. Dentro de la variedad identificada se mencionan concretamente tres grupos distintos: las bacterias, los virus y el moho, diferenciados en primera instancia a partir de criterios comunes entre si pero separados como grupos independientes gracias a las características particulares que se confieren a cada uno.

2. Características comunes de los microorganismos

Concepciones

c16 Los microorganismos son extremadamente pequeños por está razón no se pueden ver a simple vista
c17 Los microbios son ligeros por eso flotan en el aire

Las concepciones anteriores se agrupan directamente bajo un marco de referencia interpretativo que considera que los alumnos:

Marco

M2s Identifican a los microorganismos a partir de atributos o propiedades básicas y comunes a todos estos seres que los caracteriza como un grupo independiente constituido a su vez por varios subgrupos.

Con las características conferidas por los alumnos a menudo se forman patrones que apoyan la identificación de éstos organismos como un conjunto autónomo a las plantas y los animales. Las idealizaciones más representativas manifestadas por los estudiantes de este nivel son el tamaño microscópico, la contaminación microbiana de alimentos, la ligereza de un cuerpo que fácilmente puede flotar en el aire y la acción de provocar enfermedades, especialmente digestivas y respiratorias.

3. Microorganismos identificados como seres vivos

Concepciones

C18 Los virus se reproducen de la misma manera que las células
c19 Los virus y las bacterias se alimentan, se mueven y se reproducen

Las concepciones citadas anteriormente se agruparon en la siguiente categoría.

CATEGORÍA

C5 s Los microorganismos son seres vivos porque se mueven, se alimentan y se reproducen al igual que las células

En esta categoría se incluyen las concepciones cuyas ideas previas hacen alusión a los criterios que utilizan los alumnos para identificar a los microorganismos como seres vivos.

Los aspectos más perceptibles para reconocer el estatus de vida se relacionan con la presencia de funciones vitales que, paradójicamente no son observables sino más bien deducidas a través de comparaciones en donde los estudiantes atribuyen vida a los virus y a las bacterias porque son conceptualizados como células a las que a su vez se les adjudican características y comportamientos antropomórficos tales como tener un núcleo que realiza las funciones de un corazón, o la capacidad de tener movimiento independiente gracias a la presencia de cilios o flagelos que son comparados con músculos.

Esta categoría puede interpretarse según el siguiente marco de referencia en el que se considera que los alumnos de secundaria:

Marco

M3 s Identifican a los microorganismos a partir comparaciones antropomórficas relacionadas con aspectos fisiológicos, principalmente la reproducción, el movimiento y la alimentación.

4. Papel de los microorganismos en el ecosistema

Concepción

C20 Los microorganismos son parte importante de la naturaleza ya que actúan como organismos descomponedores y recicladores de carbono, nitrógeno, agua y minerales.

CATEGORÍA

C6s Los descomponedores son microorganismos que desintegran y reciclan los restos orgánicos de la naturaleza, por esta razón son un eslabón importante de las cadenas alimenticias

En esta categoría las ideas previas agrupadas en una sola concepción apuntan su atención hacia una visión diferente en la identificación de los microorganismos en la cual se destaca la participación de este grupo de seres vivos como un nivel trófico independiente que desempeña un papel básico en el flujo de energía establecido en las cadenas alimenticias.

De esta forma resulta el siguiente marco de referencia en el que se considera que en los alumnos de secundaria.

Marco

M4s se inicia una tendencia hacia la identificación de los microorganismos como componentes vitales en la dinámica de los ecosistemas.

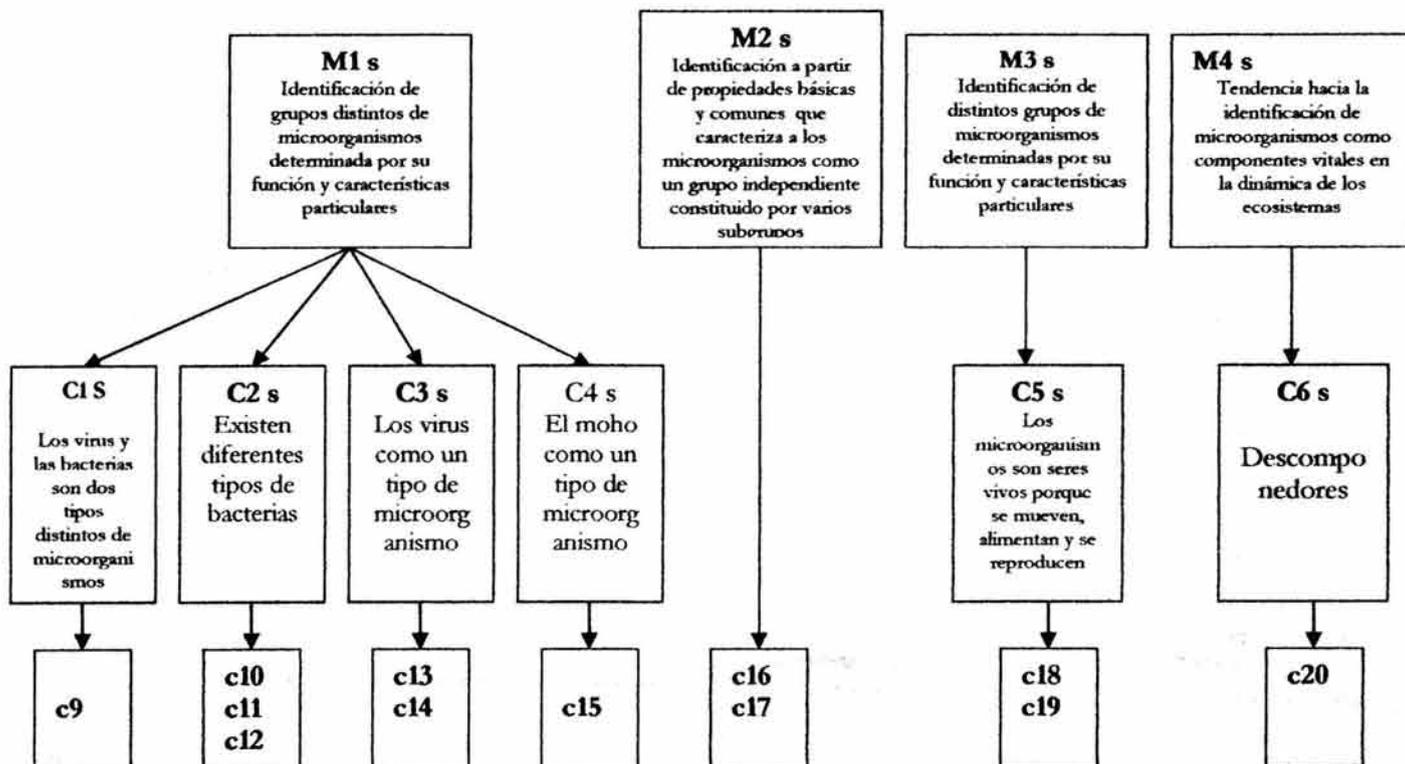


FIGURA 2.6 categorización de ideas previas de estudiantes de secundaria sobre la clasificación de microorganismos

2.3.2.2. Análisis global del tema microorganismos

Hablar de microorganismos en la educación básica es un tema que fácilmente se presta a la confusión debido a que involucra razonamientos planteados a partir de niveles abstractos. Este punto de partida generalmente desemboca en idealizaciones que los alumnos construyen en torno a especulaciones derivadas de la percepción y que aplican a los conceptos abstractos.

Con la categorización de las ideas previas referentes a este tema se aprecia que en los estudiantes de ambos niveles escolares subyace la tendencia hacia un proceso de identificación, que al igual que en el caso de la categorización de ideas previas sobre animales, se desarrolla a partir de la atribución de características que son reconocidas por los estudiantes. Estos criterios sin embargo presentan en general pensamientos y tendencias marcadamente diferentes. En la primaria el proceso se concreta a la identificación de los microorganismos a partir de características estereotipadas que en general, con la excepción de un caso, se plantean a partir de situaciones concretas como la comparación de acciones, comportamientos y formas de animales u objetos que son trasladada hacia los microorganismos. Por su parte en la secundaria la identificación involucra pensamientos más abstractos que van más allá del reconocimiento de características estereotipadas. Tomando en cuenta los mismos criterios que en el tema de los animales, en el siguiente cuadro se presentan los aspectos y las características empleadas en el proceso de identificación.

CUADRO 2.3. Características empleadas por alumnos de educación básica en la identificación de microorganismos.

Proceso	Aspecto	Característica empleada	Nivel educativo al que pertenece	
			primaria	Secundaria
I D E N T I F I C A C I Ó N	Características estereotipadas	Tamaño diminuto que evita su visibilidad a simple vista	✓	✓
		Medio que habitan: aire o comida descompuesta	✓	✓
		Agentes causales de enfermedades	✓	✓
	Reconocimiento de Diversidad	Funciones y características particulares		✓
		Comparaciones antropomórficas con relación a funciones vitales		✓
		Características estereotipadas		✓
	Función ecológica	Participación en la estructura de los ecosistemas		✓

Los tres aspectos más importantes que destacan de los atributos empleados en la identificación de microorganismos son analizados a continuación:

a) Características estereotipadas

Básicamente se reconocen tres características manifestadas por los estudiantes, y se consideran estereotipadas debido a que son empleadas de forma generalizada limitando al reconocimiento de una sola clase de microorganismo.

1. Atribución de un tamaño pequeño. Esta es la principal característica empleada para reconocer a un microorganismo y sin embargo también es la principal causa de confusión ya que al considerar que existen muchas cosas pequeñas o "microscópicas" frecuentemente estos objetos también son reconocidos como microorganismos o microbios, tal es el caso del polvo, la mugre o incluso algunas especies animales, particularmente insectos.

2. El aire o la comida descompuesta como ambientes propicios para encontrar microorganismos. Esta característica se deriva directamente del tamaño microscópico al cual se le confiere la capacidad de ligereza que permite encontrar a los microorganismos suspendidos en el viento y de esta forma ser fácilmente transportados a lugares adecuados para su propagación: los alimentos.

3. Agentes causales de enfermedades, atributo que resulta de la combinación de las dos características anteriores. Como medio de transporte el aire representa una vía por la cual se contraen enfermedades debido a que en él "se encuentran flotando los microbios" que pueden entrar al cuerpo debido a la inhalación, ya sea por la nariz o por la boca. Otro medio de transmisión de enfermedades es a partir de la ingestión de alimentos contaminados por "microbios" que llegan a ellos precisamente a través del aire. Esta acción es reconocida por Nagy, (1953) como "la teoría de la infección oral" en la que la boca es el principal medio de entrada de microorganismos al cuerpo causando, según los alumnos, todas las enfermedades.

b) Reconocimiento de diversidad

Este aspecto se presenta solamente en el nivel secundaria y los esquemas de identificación, resultado de la categorización de ideas previas, no desembocan en un proceso que de inicio a la tarea de clasificar (es decir al agrupamiento), como sucedió en el tema y nivel anterior. En este nivel educativo se reconoce la existencia de una diversidad, y dentro de ésta esencialmente se identifican dos grupos diferentes de microorganismos, que sin embargo frecuentemente son tratados como uno solo, justamente por la inhabilidad hacia el reconocimiento de características que los haga considerarlos como grupo individuales. En la convergencia del reconocimiento de la diversidad en el mundo microscópico influyen tres elementos expresados en las ideas previas de los estudiantes.

1. El uso de propiedades comunes o estereotipadas, que a diferencia de los estudiantes del nivel precedente, son usadas en conjunto pero no para reconocer a una sola clase de microorganismos que son generalizados bajo distintas denominaciones, sino para identificar a un grupo independiente

de seres vivos que es reconocido por características propias que los diferencia de otros grupos también considerados seres vivos.

2. Por un lado se encuentra la distinción de diversos microorganismos a través de acciones y características particulares, por ejemplo si son más peligrosos que otros, o si habitan en lugares diferentes. La atribución de características específicas para cada grupo constantemente hacen confusa la identificación, por esta razón los virus son reconocidos como seres vivos ya que a partir de las características generales que se le otorgan a los microorganismos como grupo, se deduce su identificación como tal y se reconocen en el mismo estatus que las bacterias.

3. Comparaciones antropomórficas. Esta orientación resulta particularmente interesante ya que es el primer paso de reconocimiento de los microorganismos como parte de los seres vivos. Los razonamientos antropomórficos son constantes en esta visión, pero aún así no son directos, es decir se detienen en puntos intermedios, en este caso la célula, que se usan como medio de comparación para establecer las semejanzas entre los procesos metabólicos celulares (como la reproducción, el movimiento y la alimentación) y los procesos fisiológicos humanos.

c) Función ecológica

Este pensamiento no es ampliamente difundido entre los estudiantes, se menciona sólo en casos esporádicos y su razonamiento no es completamente claro, no obstante es el indicio de una forma diferente de apreciación de los microorganismos en la que se reflexiona el papel que desempeñan en el equilibrio de los ecosistemas, reconocido sobre todo a través del estudio de las redes alimenticias.

La categorización de ideas funciona en la selección de contenidos como una herramienta para identificar problemas conceptuales que dificultan el aprendizaje. Frecuentemente estos problemas conceptuales se derivan de la saturación de contenidos a la que se expone a los estudiantes y que entran en choque con los conocimientos que adquieren de manera informal formando nociones que se alejan en mucho de la concepción científica que se pretende formar. En el siguiente capítulo se realiza un análisis de los planes y programas de estudio del Sistema Educativo Mexicano con relación a la clasificación biológica para valorar la carga conceptual que en ellos se maneja.

CAPÍTULO 3

LA ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA EN EL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO: EL CASO DE LA EDUCACIÓN BÁSICA.

3.1. El Plan de Estudios de la Educación Básica: objetivos y orientaciones

Actualmente en México, la educación primaria y secundaria están consideradas por el Gobierno Federal como de carácter obligatorio, desde la reforma educativa de 1993 estos dos niveles conforman lo que en nuestro país se reconoce como educación básica, con la cual se pretende establecer un vínculo de congruencia y continuidad atendiendo principalmente las necesidades básicas de aprendizaje de la población por medio de una organización que permite asentar un marco común de trabajo en todas las escuelas del país. Bajo este propósito, la Secretaría de Educación Pública ha elaborado planes y programas de estudio que con el paso del tiempo se han ido modificando con la finalidad de mejorar la educación. Es así, como el actual plan de estudios para la educación básica surge como resultado de una serie de propuestas¹ encaminadas a modernizar la educación en México.

Las diferentes etapas previas a la configuración final del plan de estudios vigente hoy en día, permitieron identificar muchas de las problemáticas presentes en nuestro sistema educativo, esta situación hizo evidente la necesidad de considerar una reforma en los planes y programas escolares, estableciendo como prioridad la renovación de los contenidos y métodos de enseñanza, así como también el mejoramiento de la formación de los profesores y la articulación real de los niveles educativos que conforman la educación básica (Plan y Programas de Estudio para la Educación Primaria, 1993).

Una de las acciones principales llevadas a cabo con la reforma educativa fue la de elaborar nuevos programas de estudio, con la intención de evitar situaciones como la dispersión de contenidos

¹ Como la etapa de consulta de 1989 que origino la El Programa Para La Modernización Educativa, El Programa "Prueba Operativa" en 1990, el "Nuevo Modelo Educativo" en 1991 y "El acuerdo Nacional para la Educación Básica" en 1992.

y la poca efectividad de estos en el proceso de aprendizaje de los alumnos. Esta reforma se convirtió en una renovación total, ya que paralelamente a la modificación de los programas escolares, también se modificaron los materiales educativos, como los libros de texto, además de que se elaboraron materiales de apoyo para los docentes.

La reforma educativa del sistema de enseñanza nacional atendió diferentes aspectos entre los que se pueden mencionar incluso intereses político-legislativos, pero el cambio más radical de esta transformación y que involucra directamente los intereses de esta tesis son las reformas curriculares y pedagógicas planteadas para la reformulación de contenidos y materiales educativos propuestos para atender los nuevos retos que enfrenta nuestro país impuestos por la introducción de modernas tecnologías. Así a partir de 1992, con El Acuerdo Nacional para la Modernización de la Educación Básica y Normal, el sistema educativo mexicano entró en una nueva etapa de desarrollo en la cual la organización de contenidos así como la elaboración de libros de texto y materiales de apoyo para la enseñanza, básicamente se fundamentan bajo una visión constructivista.

Finalmente es importante mencionar que a pesar del impulso renovador de la reforma educativa de la última década aún se tienen que atender y mejorar muchos aspectos, incluyendo los relacionados con los programas curriculares, de aquí la importancia de estudiar nuevas propuestas que planteen nuevas prácticas pedagógicas encaminadas a la búsqueda de un aprendizaje significativo.

3.1.1. Los planes y programas de la educación primaria

De manera particular para los planes de estudio de la educación básica han sido planteados diferentes objetivos formulados a partir de las etapas de aprendizaje que comprenden los estudiantes de este nivel educativo. De esta forma, en el plan de estudios para la educación primaria se propone como prioridad fundamental la concentración de los contenidos escolares en aquellos conocimientos realmente esenciales, que proporcionen a los estudiantes las habilidades necesarias que les permitan seguir aprendiendo durante toda su vida y que los preparen para una educación superior, estos conocimientos se enfocan en la lectura, la escritura y los conocimientos matemáticos básicos. En un segundo plano se establece la importancia del conocimiento del mundo natural y social, el primero sobre todo, referido a aspectos de salud, nutrición y conservación del medio.

Con las nuevas orientaciones obtenidas durante el proceso de construcción del nuevo plan, finalmente en 1993 se pusieron en marcha los nuevos programas de estudio para la educación básica, en los cuales, se percibe una clara inclinación en la reformulación de los contenidos de las asignaturas de Español y Matemáticas, así como en el área de las Ciencias Sociales en donde se

establecieron programas por asignaturas a partir del tercer año, en el área las Ciencias Naturales, sin embargo, la renovación de contenidos sólo incluyó un eje llamado "Ciencia, Tecnología y Sociedad"

En el sentido de las prioridades establecidas en el plan de estudios de 1993, es primordial que los alumnos sepan leer y escribir y pasa a un segundo plano la importancia de que tengan conocimiento de su entorno natural y que los niños se reconozcan como parte de un mundo donde también habitan muchos otros organismos con las mismas necesidades de ellos. Es por ello, que sí en las consideraciones iniciales se plantea una reforma con fines de alcanzar una mayor calidad educativa, es importante que en los enfoques fundamentales de los planes y programas se reconozca que la enseñanza las Ciencias Naturales es parte integral de la educación primaria, y por tanto los contenidos incluidos en esta asignatura, son, al igual que los de otras, esenciales para la preparación básica de los estudiantes. Desde este punto de vista, valdría la pena mencionar, que los enfoques y contenidos programáticos de esta área merecerían también una evaluación a fondo que permitiera detectar los problemas que obstaculizan su enseñanza en la primaria.

3.1.2. Educación Secundaria

Una de las transformaciones más importantes que ha tenido el sistema educativo mexicano es, sin lugar a dudas, el decreto de la educación secundaria como obligatoria a partir de 1992, esta decisión responde sobre todo a la necesidad de contar con una población mejor educada, que tenga participación activa en el proceso de cambio y modernización del país. Con la extensión del periodo de la educación básica de seis a nueve años de enseñanza obligatoria, se pretende garantizar en los estudiantes una permanencia en la adquisición y consolidación de los conocimientos que les proporcionen la capacidad de incorporarse con responsabilidad a la vida adulta y al trabajo productivo (Planes y Programas para la Educación Secundaria, 1993)

El desarrollo del Plan de Estudios para la educación secundaria se realizó siguiendo los mismos estatutos que el plan del nivel precedente, es decir, mediante varias etapas en las cuales se evaluaron simultáneamente los programas escolares de ambos niveles. Para la educación secundaria, uno de los más importantes cambios establecidos, fue el de transformar una estructura académica por áreas en una estructura académica por asignaturas, es así como el área de las Ciencias Naturales se aborda actualmente en la secundaria a partir de tres asignaturas diferentes: la Química, La Física y la Biología (Planes y Programas para la Educación Secundaria, 1993)

Los propósitos del actual plan de estudios para este nivel, se enfocan en proporcionar a los estudiantes que han concluido una educación primaria, el fortalecimiento de aquellos contenidos que responden a las necesidades básicas de aprendizaje. La propuesta para abordar este proceso de fortalecimiento es mediante el empleo de programas de estudio sistemáticos que guarden relación,

congruencia y continuidad con el aprendizaje de la educación primaria. Esta situación conlleva, a que de igual forma que el plan de estudios de primaria, se establezcan en la secundaria, las mismas prioridades de enseñanza, es decir, que se consideren como de mayor importancia los conocimientos relacionados con la escritura y la lectura así como también el desarrollo de habilidades matemáticas, y que se considere como segundo término, la formación científica de los estudiantes y por lo tanto, la identificación de los problemas de aprendizaje que se presentan en este campo.

La expansión de este nivel, trajo varias consecuencias, como la incorporación de miles de estudiantes provenientes de varios sectores sociales y por lo tanto de diversos ambientes culturales. Esta diversidad representa actualmente un notable desafío para la organización y el contenido del trabajo académico de la escuela secundaria, que hasta el momento ha estado regido por una propuesta curricular homogénea y poco flexible, en la que predominan las prácticas pedagógicas centradas en la transformación de información mediante la exposición didáctica. (En: <http://www.sep.gob.mx/docentes>).

Afortunadamente, se tiene conciencia de que los planes y programas de la educación básica actuales tienen, a pesar de todo el largo proceso para su desarrollo, muchas deficiencias que obstaculizan el proceso de aprendizaje de los alumnos, y se ha dejado una ventana abierta a la investigación para que se puedan proporcionar nuevas líneas en la búsqueda de la calidad y modernización educativa, de hecho la Secretaría de Educación Pública ha reconocido como una de sus metas, realizar una evaluación curricular, pedagógica y operativa de los niveles de educación básica con la finalidad de diseñar un modelo articulado para este nivel del sistema educativo mexicano, esta situación pone en claro, la apertura de propuestas que puedan contribuir en la mejora de la educación del país.

3.2. La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica

A partir de las reformas de 1993 llevadas a cabo en el Sistema Educativo Mexicano, en los planes y programas para la educación básica, documentos elaborados como resultado de este proceso de reestructuración educativa, se plantea que el área de las ciencias naturales se aborde a partir de una visión formativa, en la cual se forme en los alumnos conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan reconocer y reflexionar acerca del mundo que les rodea. Este enfoque formativo propone aproximar a los estudiantes al conocimiento de los fenómenos y procesos naturales, y busca con ello establecer una relación entre dichos conocimientos y la vida personal del alumno y de su comunidad en general, así como también la de identificar las repercusiones que estos procesos pueden traer y de su posible participación en la regulación de estos. (Libro para el Ciencias Naturales Cuarto Grado, 1998). Todo esto hace que el estudio de las ciencias naturales se considere actualmente parte integral en la formación de los estudiantes, ya que en ella convergen gran cantidad de conocimientos

que pueden ser encaminados a diversos puntos, todos ellos relacionados con el entendimiento del mundo natural.

En la educación Primaria, básicamente se aspira a que los alumnos adquieran una serie de conocimientos, a través de situaciones familiares que permitan cobrar relevancia y convertirse en un aprendizaje significativo, que de lugar a conocer y comprender los fenómenos naturales ocurridos en el medio. Para este nivel educativo, se marcan esencialmente dos prioridades a seguir en la enseñanza de las ciencias naturales: la promoción de la salud, y el cuidado, preservación y mejoramiento del ambiente. Con estos dos grandes bloques se busca la formación de ideas relacionadas con el respeto y responsabilidad del propio cuerpo, así como el fomento de aquellas que hagan evidentes la necesidad de promover una conciencia ambiental. El enfoque formativo de esta enseñanza, busca también que los alumnos expresen sus conocimientos previos y que puedan incorporarlos a su contexto escolar (Libro para el maestro Ciencias Naturales cuarto grado, 1998)

En la primaria el estudio de las ciencias naturales no tiene la pretensión de educar al niño en el terreno científico de manera formal y disciplinaria, sino de estimular su capacidad de observar y preguntar, así como de plantear explicaciones sencillas de lo que ocurre en su entorno. Los contenidos son abordados a partir de situaciones familiares para los alumnos, de tal manera que cobren relevancia y que su aprendizaje sea duradero. La enseñanza de los contenidos es gradual a través de nociones iniciales y aproximaciones, y no a través de conceptos complejos.

Los programas para cada grado parten de la idea de que el entorno del niño ofrece la información necesaria para el desarrollo de las formas del pensamiento científico, desde esta visión las tareas de la escuela son impulsar al niño a observar su entorno y a formar el hábito de hacer preguntas sobre lo que le rodea y a partir de esto proporcionar a los alumnos información que les ayude a responder sus preguntas y ampliar su marco de explicación. La enseñanza de las ciencias naturales en la primaria pretende evitar el aprendizaje centrado en preceptos y recomendaciones cuya racionalidad con frecuencia no es clara para los alumnos, así como también el manejo de temas ecológicos que contrariamente a sus propósitos suelen producir reacción de apatía e impotencia, de igual forma propone propiciar la relación de aprendizaje de las ciencias con los contenidos de otras asignaturas.

Por su parte la enseñanza de las ciencias naturales en la educación secundaria busca, dentro también de un enfoque formativo, fomentar habilidades y capacidades que permitan desarrollar en los estudiantes la noción de la actividad científica como una herramienta para conocer la naturaleza. En este nivel educativo se propone que la enseñanza de las ciencias naturales se relacione estrechamente con el área social, de tal manera que los beneficios de una educación científica no se limiten sólo a la adquisición del conocimiento científico, sino que se pueda también ampliar a una actividad de procesos productivos y sociales, de tal forma que los alumnos modifiquen la visión de los

fenómenos de su entorno y que adquieran la capacidad de integrar con mayor facilidad los nuevos conocimientos.

En los dos niveles educativos que conforman la Educación Básica se sugiere que los contenidos programáticos de la materia se vinculen con las experiencias cotidianas de los estudiantes, de tal forma que su aprendizaje se torne para ellos familiar, explotando la característica de los alumnos de aceptar nuevas ideas y de descubrir así nuevos conocimientos. De igual forma, ambos niveles coinciden con la idea de que la enseñanza de las ciencias naturales debe estar fuertemente relacionada con el ámbito social, ya que los conocimientos científicos adquiridos pueden, de alguna manera, favorecer la participación activa de los futuros adultos en la sociedad. De esta forma, la educación científica desde este punto de vista, esta enfocada a dar un conocimiento general del mundo que habitan los estudiantes, y no esta limitada sólo a dar respuestas a problemas, es así, que las ciencias naturales se ven como un instrumento necesario y valioso para mejorar la observación, el análisis y la comprensión de la naturaleza (libro para el maestro Educación Secundaria Biología, 1997).

3.2.1. Organización de los Programas de Ciencias Naturales en la Educación Primaria y los contenidos temáticos sobre la clasificación de los seres vivos.

Para este apartado, se consultó el documento, elaborado por la SEP, titulado Plan y Programas de Estudio para la educación Básica, primaria, de la revisión hecha a este documento, se puede destacar lo siguiente:

En la educación primaria, las Ciencias Naturales se imparten, durante sus seis grados escolares, en una sola asignatura que lleva el mismo nombre, su estudio, obedece a un carácter fundamentalmente formativo, en donde no se pretende educar a los estudiantes en el terreno científico de manera formal y disciplinaria, sino más bien, en estimular su capacidad de observación, para que a partir de ella puedan plantear explicaciones de lo que ocurre en su entorno. En esta asignatura, se plantean como propósitos centrales básicamente tres aspectos a desarrollar: el conocimiento y valoración del medio, el entendimiento del funcionamiento del organismo humano y la preservación de la salud. A partir de estos enfoques, en los programas de estudio para cada uno de los grados de la primaria, se propone que los contenidos temáticos sean abordados a partir de situaciones familiares para los alumnos, de tal manera que cobren relevancia y su aprendizaje sea duradero, además de que sean vistos de forma gradual, comenzando por nociones iniciales y aproximativas y no de conceptos complejos y puramente disciplinarios.

La organización de los programas parte de las siguientes orientaciones:

- De la información que proporciona el entorno a los estudiantes para el desarrollo de un pensamiento científico. Con este punto, se busca que los alumnos se cuestionen acerca de lo que ocurre en su entorno, y a partir de ello identificar y organizar procesos que les proporcione información para responder sus cuestionamientos.
- De la relación que puede tener el conocimiento científico con el entorno inmediato, es decir, que se logre establecer la relación entre este conocimiento y la participación que tiene en el avance tecnológico de la sociedad que habita, de los posibles problemas que origina y de algunas soluciones que proporciona.
- De aspectos relacionados con la preservación del medio y de la salud, en donde se pretende otorgar información que evite en el alumno reacciones de apatía e impotencia, como las causadas por la enseñanza de contenidos centrados en recomendaciones frecuentemente incomprendidas, así como aproximaciones catastróficas, frecuente sobre todo en el manejo de temas ecológicos.
- Y de la relación que puedan tener las Ciencias Naturales con otras asignaturas, aquí, esencialmente se busca vincular el área de las ciencias naturales con otras áreas a través de temas que puedan estar relacionados.

3.2.1.1. Organización de los contenidos

Los contenidos de ciencias naturales en la educación primaria están organizados en torno a cinco ejes temáticos que se desarrollan simultáneamente a lo largo de los seis grados de este nivel, de estos, solamente uno tiene contenidos relacionados con la clasificación de los seres vivos. Los ejes temáticos propuestos son los siguientes:

- ❖ **Eje 1: los seres vivos**
- ❖ **Eje 2: El cuerpo humano y la salud**
- ❖ **Eje 3: El ambiente y su protección**
- ❖ **Eje 4: Materia, energía y cambio**
- ❖ **Eje 5: Ciencia Tecnología y Sociedad**

La organización basada en ejes temáticos, tiene por objetivo lograr que los alumnos avancen de manera progresiva y sistemática, es así, como en los primeros años, se pretende desarrollar en ellos su capacidad de observación a través de actividades que fomenten la comparación y el establecimiento de diferencias y semejanzas ente objetos y eventos. Gradualmente se incorporan a este proceso, datos como tamaño, temperatura, peso etc., así como también se incluyen actividades experimentales.

El eje 1 “Los seres vivos” es la temática que maneja contenidos relacionados con la clasificación. En este eje, se agrupan conocimientos relativos a las características más importantes de los seres vivos, sus semejanzas y sus diferencias y los principales mecanismos fisiológicos, anatómicos y evolutivos que los rigen. Al mismo tiempo, se desarrolla la noción de diversidad biológica en donde los alumnos deben habituarse a identificar las interrelaciones y la unidad entre los seres vivos, la formación de cadenas y sistemas, destacando el papel que desempeñan las actividades humanas en la conservación o la alteración de estas relaciones. Otro propósito de este eje es desarrollar una imagen dinámica de la naturaleza, introduciendo las nociones elementales de la evolución.

Es importante mencionar que las ciencias naturales, en los dos primeros años de educación primaria se abarcan conjuntamente con las áreas cívicas, históricas y geográficas, y que a partir del tercer grado, esta área se aborda de manera particular en una sola asignatura. Para cada grado escolar en este eje, al igual que los cuatro restantes, se marcan diferentes propósitos así como contenidos. En los siguientes apartados se menciona para el eje temático los seres vivos dichos propósitos analizando específicamente cada grado escolar.

EJE 1: LOS SERES VIVOS (EDUCACIÓN PRIMARIA)

- **Primero y segundo grados:** en estos niveles, los conocimientos científicos se integran con el aprendizaje de otras materias, cuyo elemento articulador es el conocimiento del medio natural y social que rodea al niño. En lo que corresponde a clasificación de los seres vivos, para estos dos primeros años se pretende que los alumnos reconozcan y clasifiquen a los seres vivos de su entorno, que conozcan y expliquen las funciones comunes de plantas y animales, que distingan seres vivos en diferentes ambientes, que conozcan y comparen las fuentes de información de los seres vivos y que distingan animales ovíparos de vivíparos (Libro para el Maestro Primer Grado Conocimiento del Medio, 1998).
- **Tercer grado:** para este año, el eje de los seres vivos agrupa temas relativos a las características principales de estos, sus semejanzas y diferencias y sus funciones comunes. Se estudian las características del medio en el que viven y las relaciones que se establecen entre ellos. Se pretende que el alumno comprenda de manera integral la interacción entre los seres vivos y el medio natural así como la influencia del ser humano en los ecosistemas. En este nivel, los niños tienen que reconocer al agua y al aire como elementos indispensables para los seres vivos, identificar a la respiración como una función común de los seres vivos. Que reconozcan las partes de una planta y sus funciones y que se inicien en la comprensión de la fotosíntesis y las cadenas alimenticias.

- **Cuarto grado:** Los propósitos del eje para este grado son que los alumnos conozcan algunos ejemplos de ecosistemas de la República Mexicana y los factores bióticos y abióticos que forman parte de ellos, que reconozcan que los seres vivos se agrupan en poblaciones y comunidades, y que se relacionan formando cadenas alimentarias, tienen que identificar las fases del ciclo de vida de los seres vivos, reconocer las diferencias entre machos y hembras adultos de diferentes especies y distinguir entre animales vivíparos y ovíparos, vertebrados e invertebrados y que conozcan algunos ejemplos (Libro para el maestro Ciencias Naturales cuarto grado, 1998)

- **Quinto grado:** para este grado en el eje de los seres vivos se agrupan temas relativos a las características del medio donde habitan y las relaciones que se establecen entre ellos. Con este eje se pretende que los alumnos comprendan de manera integral la interacción de los seres vivos y el medio natural, así como la influencia del ser humano en los ecosistemas, que reconozcan la diversidad biológica del país y reflexionen sobre la causa de la extinción de algunas especies de plantas y animales, se busca también que distingan los ecosistemas transformados (rural, urbano y mixto) y sus principales características, así como también que se inicien en el estudio de la célula y que reconozcan algunos tipos de ellas. Finalmente se pretende que los alumnos avancen en la comprensión de la fotosíntesis y relacionen estos procesos con las funciones celulares.

- **Sexto grado:** con el estudio de los contenidos de este eje se busca que los alumnos de sexto grado se inicien en el estudio de la evolución de los seres vivos y que distingan los procesos de selección natural y de adaptación, que conozcan las características generales de las eras geológicas y que se inicien en el estudio de la evolución humana. Se pretende también que identifiquen los principales ecosistemas del mundo, los factores bióticos y abióticos que forman parte de ellos y su distribución como resultado de la evolución de la tierra, se busca que reflexionen acerca de la interacción del hombre con el medio y la transformación de los ecosistemas.

Para cada uno de los ejes restantes se manejan de igual forma objetivos específicos en cada nivel, en conjunto con los cinco ejes articuladores se pretende abordar una serie de contenidos con los cuales se fortalezca la formación de actitudes y el desarrollo de habilidades relacionadas con el conocimiento del mundo natural.

La organización de los contenidos propone un avance gradual del conocimiento y a su vez pretende vincular toda una serie de conceptos que permitan al alumno llegar a un entendimiento general del conocimiento de la vida. Para el eje de los seres vivos se propone abarcar las siguientes temáticas:

CUADRO 3.1. Contenidos incluidos en el eje "los seres vivos" de la asignatura de ciencias naturales de la educación primaria.

Grado	Contenidos
Primero	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas y animales • Diferencias y semejanzas entre plantas y animales • Plantas y animales de la casa y el entorno inmediato <p>La germinación.</p>
Segundo	<ul style="list-style-type: none"> • Lo vivo y lo no vivo en el entorno inmediato. Características y diferencias generales. <ul style="list-style-type: none"> - Lo vivo (plantas, animales, ser humano) - Lo no vivo (objetos) - Características del entorno: objetos, animales y plantas. • Los seres vivos y su entorno <ul style="list-style-type: none"> - Diferencias y semejanzas entre plantas y animales - Características de algunas plantas de la comunidad - Características de algunos animales de la comunidad. • Cuidados y protección de los seres vivos del medio: las plantas, los animales y el ser humano. • Funciones comunes de plantas y animales. Alimentación, circulación, respiración, excreción y reproducción. • Los seres vivos en los ambientes terrestre y acuático <ul style="list-style-type: none"> - El ambiente acuático - El ambiente terrestre - Características generales de los animales terrestres • Fuentes de alimentación de los seres vivos Cómo se alimentan las plantas • Animales ovíparos y vivíparos Identificación de algunos ejemplos
Tercero	<ul style="list-style-type: none"> • La respiración, función común de los seres vivos. <ul style="list-style-type: none"> - Importancia de la calidad del aire para la vida - Respiración de algunos animales: pulmonar y branquial • El agua y el aire. Su relación con las plantas • La planta <ul style="list-style-type: none"> - Sus partes. Función de cada una. - Partes comestibles de una planta - Forma en que las plantas producen alimentos y oxígeno - Fotosíntesis. Noción inicial - Reproducción de plantas, con o sin flores • Cadenas alimenticias <ul style="list-style-type: none"> - Animales herbívoros, carnívoros y omnívoros - Elementos de la cadena alimenticia: productores, consumidores y descomponedores - Consecuencia de la ausencia de alguno de los elementos de la cadena alimenticia.

Continuación del CUADRO 3.1

Grado	Contenidos
Cuarto	<ul style="list-style-type: none"> • Noción de ecosistema - Factores bióticos y abióticos - Tipos de organismos que habitan en un ecosistema (productores, consumidores y descomponedores) - Cadenas alimenticias - Niveles de organización (individuo, población y comunidad) - Ejemplos de ecosistemas • Seres vivos - Animales vertebrados e invertebrados - Características generales del crecimiento y del desarrollo: nacer, crecer, reproducirse y morir. - Características que presentan las hembras y los machos de diferentes especies en estado adulto. - Animales vivíparos y ovíparos. Características generales.
Quinto	<ul style="list-style-type: none"> • La célula - Noción de célula, como parte integrante de los tejidos, organismos y sistemas de los seres vivos - Identificación de las partes principales de la célula. Núcleo, citoplasma y membrana. • Características de los organismos unicelulares y pluricelulares. • Capacidad de las plantas para producir su alimento. Características generales de la fotosíntesis. • Diversidad biológica - Diversidad biológica representativa del país - La extinción de plantas y animales - Estrategias para la conservación de la flora y la fauna • Ecosistemas artificiales - Las comunidades rurales y los sistemas de cultivo - Comunidades urbanas - La combustión, un ejemplo de fenómeno químico necesario para los seres vivos.
Sexto	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución de los seres vivos. Relación de la selección natural con la adaptación. • Características generales de las eras geológicas y de la vida en ellas. Eras paleozoica, mesozoica, cenozoica. Los fósiles. • La evolución humana • Los grandes ecosistemas - Rasgos de los principales ecosistemas - Factores bióticos y abióticos de los ecosistemas • La interacción del hombre con el medio y los cambios en los ecosistemas

Como anteriormente se mencionó, paralelamente a la renovación de los contenidos programáticos se diseñaron también materiales de apoyo para los profesores en los que se incluyen de los propósitos generales de la enseñanza de las ciencias naturales y el enfoque bajo el cual fueron propuestos, la nueva organización de los contenidos y los propósitos específicos para cada nivel, también se hace una profunda introducción para la utilización de los libros de texto y de los recursos que podrían emplearse para complementar la enseñanza, de manera general se revisan algunas propuestas para evaluar, así como también recomendaciones didácticas particulares.

Es importante mencionar que los libros y materiales para el maestro son un apoyo al trabajo docente y no tienen una finalidad directiva ni tampoco se pretende con ellos indicar a los maestros de manera rígida e inflexible como desarrollar algún tema específico, la elaboración de estos materiales apoyan la creatividad de los profesores así como también la existencia de múltiples métodos y estilos de trabajo docente (En: <http://www.sep.gob.mx/docentes>).

3.2.2. Organización de los Programas de Biología en la Educación Secundaria y los contenidos temáticos sobre la clasificación de los seres vivos.

La enseñanza de las Ciencias Naturales es un campo de importancia central en la educación secundaria, este campo es tan amplio y diverso, que a partir de este nivel educativo se ha establecido, para su estudio, una organización y delimitación por áreas: la física, la química y la biología. Es así, como el estudio de los procesos y fenómenos ocurridos en el medio, se han asignado a un área específica según su naturaleza, pero no se deja a un lado la importancia de la relación que se establece entre éstas áreas para tratar de determinar las explicaciones de dichos fenómenos.

La biología, como área de las ciencias naturales, es considerada parte integral en la enseñanza de este campo, y en la escuela secundaria esta área se incluye dentro de una asignatura titulada propiamente biología, y se imparte durante los dos primeros años de este nivel. Con la enseñanza de la biología se busca establecer un vínculo entre los fenómenos de la naturaleza, la vida cotidiana del alumno y los posibles beneficios sociales que de ella se puedan derivar. De igual forma, se pretende promover en los estudiantes actitudes de responsabilidad hacia el cuidado del ambiente y de la salud. La pretensión de relacionar los conocimientos científicos con procesos productivos y sociales, busca desarrollar una cultura científica, que permita enriquecer la visión del mundo y valorar los beneficios sociales que pueda aportar la ciencia. Este enfoque, fundamentalmente propone crear en los estudiantes, una visión no limitada de la ciencia, y buscar en ellos la formación de más profesionales en las áreas científicas. (Libro para el Maestro Educación Secundaria. Biología, 1997).

Con la propuesta del programa de Biología, se plantea construir una aproximación más reflexiva en los alumnos, ofreciéndoles la oportunidad de replantear los conocimientos previos que adquieren tanto en la escuela como fuera de ella (Libro para el Maestro Educación Secundaria. Biología, 1997). Estos conocimientos previos que los alumnos forman a partir de fuentes no formales de enseñanza, juegan un papel relevante en los enfoques del estudio de la Biología, ya que a partir de ellos se busca generar la conciencia de un manejo racional de los recursos naturales, y ayudar a sistematizar esta información desde un punto de vista científico. Estas razones hacen evidente que las experiencias cotidianas de los alumnos, así como su percepción del mundo vivo, deben ser un punto de partida para el aprendizaje de la Biología. Aunado a esto, también se contempla la relación

de la Biología con otras asignaturas, particularmente con la Física y la Química, con las cuales existen contenidos claramente comunes, en síntesis, es importante remarcar que los alumnos deben ser conscientes de que las ciencias comparten muchos propósitos, contenidos y métodos (Planes y Programas para la educación secundaria, 1993)

El propósito general de la enseñanza de la Biología es promover el conocimiento de los alumnos sobre el mundo viviente, y para ello en el programa de Biología se plantean los siguientes propósitos particulares (tomado del Libro para el Maestro Educación Secundaria Biología, 1997)

- "Estimular el interés por la actividad científica para el conocimiento del mundo vivo"
- "Desarrollar actitudes de responsabilidad en el cuidado de la salud y del ambiente"
- "Propiciar en el alumno habilidades metodológicas para resolver problemas"

En los Planes y Programas de estudio actualmente vigentes para la educación secundaria, se proponen, para la enseñanza de la Biología, dos grandes niveles de aproximación: el macrobiológico y el microbiológico.

Con la organización de los programas estructurados a partir de estos dos aspectos, en el primer año de la educación secundaria se abordan los conceptos más familiares y significativos para el estudiante, considerando los procesos macrobiológicos tales como la evolución, la ecología y la genética. Posteriormente, en el segundo año se integran al marco conceptual procesos microbiológicos o particulares como la estructura del cuerpo, la célula y compuestos orgánicos.

Los contenidos temáticos para la asignatura de Biología, obedecen al perfil de los alumnos de cada grado, de esta forma, los programas fueron estructurados bajo las siguientes consideraciones pedagógicas: (tomado del libro para el maestro. Educación Secundaria. Biología):

- En primer lugar se deben impartir los conceptos más generales y de carácter unificador, teniendo como prioridad los elementos que permiten construir nuevos significados, como los conocimientos previos adquiridos desde la primaria.
- El conocimiento de aspectos relacionados con la fisiología, el funcionamiento del cuerpo y en general de procesos particulares (microbiológicos) se dejan para el segundo curso, considerando que los alumnos de este grado presentan mayor interés en el estudio de estos procesos, ya que se encuentran en una fase más avanzada de su desarrollo fisiológico.

De acuerdo con esta organización, los aspectos macrobiológicos vistos en el primer grado darán la pauta para vincular gradualmente los conocimientos de segundo grado, dirigidos más hacia la comprensión de las particularidades del funcionamiento del cuerpo de los seres vivos.

3.2.2.1. Organización de los programas

Los contenidos de Biología están organizados en diez unidades temáticas, esta presentación pretende entrelazar los diversos aspectos comunes a los seres vivos y marcar las diferencias entre ellos.

PRIMER GRADO

Los contenidos del primer curso están agrupados en cinco unidades temáticas que a continuación se presentan, las unidades al igual que los temas sombreados de cada una son las que directamente abarcan conceptos relacionados con la clasificación biológica.

- **Unidad Temática 1: “El mundo vivo y la ciencia que lo estudia”**
- **Unidad Temática 2: “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”**
- **Unidad Temática 3: “Los seres vivos en el planeta”**
- **Unidad Temática 4: “Ecología: los seres vivos y su ambiente”**
- **Unidad Temática 5: Genética: la ciencia de la herencia”**

De estas cinco unidades, solamente dos, la unidad uno y la unidad tres contienen elementos relacionados con la clasificación de los seres vivos, por tal motivo, a continuación se detalla la organización de su estudio.

Unidad Temática 1: “El mundo vivo y la ciencia que lo estudia”

En esta unidad, se presenta un bosquejo general de las principales características que distinguen a los seres vivos y desarrolla un panorama histórico de la Biología. También se pretende enfatizar la importancia de esta asignatura como ciencia autónoma a través del análisis de su “metodología”. Se presenta la introducción al laboratorio escolar y a las salidas de campo. Su estudio concluye con un análisis del sentido y la utilidad de los estudios biológicos y su relación con otras ciencias. Para abordar todos estos objetivos, la unidad, al igual que las cuatro restantes, se divide en temas y subtemas, a continuación se presentan sólo aquellos que contienen información acerca de la clasificación biológica.

➤ Tema 1: Historia y desarrollo de la Biología

➤ Tema 2: Los seres vivos: el objeto de estudio de la Biología

Estos temas contienen elementos relacionados con la clasificación, tales como las características propias que definen a los seres vivos como sus capacidades de utilización de energía, de metabolismo de reproducción etc, y que permiten diferenciarlos con claridad del resto de la materia inerte. Los subtemas de este tema son los siguientes:

Unidad Temática 3 “Los seres vivos en el Planeta”

En esta unidad se realiza un análisis de las diversas teorías del origen de la vida. Este tema se enlaza con el de las eras geológicas y proporciona especial atención a los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurrieron a los seres vivos, en general, y en el hombre en particular. Posteriormente se analiza el concepto de biodiversidad, y se destaca la importancia de nuestro país como una de las cinco naciones en el mundo con mayor riqueza biológica. La unidad temática concluye con el estudio de los sistemas de clasificación de los seres vivos.

La unidad temática tres esta integrada por cuatro temas, de los cuales solamente dos presentan contenidos de clasificación biológica.

➤ **Tema 3: Biodiversidad**

➤ **Tema 4: La clasificación de los seres vivos**

Tema 3: Biodiversidad

Este estudio en la escuela secundaria, es relevante dada la atención que se ha puesto en señalar la importancia del patrimonio que representan los seres vivos, en este tema, se relaciona la diversidad biológica con procesos de adaptación, y se enfatiza la importancia de nuestro país como una de las zonas más ricas del planeta en cuanto a su diversidad de seres vivos. Los subtemas que integran este apartado son los siguientes:

1. Tipos de seres vivos (terrestres, acuáticos, aerobios, anaerobios, autótrofos, heterótrofos)
2. Importancia de la biodiversidad
3. Razones que provocan la pérdida de la biodiversidad
4. Especies en extinción
5. La gran diversidad biológica de México

Tema 4: La clasificación de los seres vivos

En este tema, se busca el entendimiento del valor y la importancia de generar categorías. Se pretende que los estudiantes comprendan la diferencia entre las características extrínsecas e intrínsecas de los objetos a clasificar. Se realiza también un breve análisis histórico de los primeros intentos de clasificación y la introducción al concepto de categoría taxonómica, en general, y de especie, en particular. También, se abunda en la importancia de la nomenclatura científica y los acuerdos en cuanto al sistema binomial. Finalmente, se introducen los cinco diferentes reinos en los que se agrupan los organismos, buscando que los alumnos sean capaces de entender los criterios de clasificación y que puedan manejar en términos generales el conocimiento de la diversidad biológica.

Subtemas que conforman este apartado:

1. Criterios extrínsecos e intrínsecos
2. Las primeras clasificaciones
3. Los trabajos de Linneo
4. Niveles taxonómicos
5. Los cinco reinos de los seres vivos: monera, protocista, hongos, animales y plantas
6. El uso de los nombres científicos

SEGUNDO GRADO

Al igual que en el primer grado, los contenidos para segundo año están agrupados en cinco unidades temáticas, estas unidades están divididas en temas y estos a su vez en subtemas. En el segundo grado de la educación secundaria solamente un tema se relaciona directamente con el conocimiento de la diversidad y arreglo de los seres vivos:

• **Unidad Temática 3: “Funciones biológicas de los seres vivos”**

En esta unidad se propone que el complejo tejido-órgano-sistema no sea tratado de manera tradicional, es decir marcando una división estricta entre plantas y animales. Con esta temática se intentan explicar las funciones generales de dicho complejo y enfatizar las diferencias básicas entre animales y vegetales remarcando las estructuras involucradas en éstos procesos. Para cada uno de los procesos biológicos se busca identificar su ubicación en los organismos, la utilidad principal y las principales estructuras responsables de que dichas funciones puedan llevarse a cabo.

El análisis de la organización de esta unidad es básico para el desarrollo de la tesis debido a que los principales criterios que emplean los estudiantes para clasificar a los seres vivos justamente se fundamentan en los procesos biológicos que éstos llevan a cabo, y que relacionan directamente con el concepto de vida. Los subtemas integrados en esta unidad abordan de manera particular los procesos fisiológicos de los seres vivos: respiración, circulación, nutrición, crecimiento, desarrollo. Reproducción, percepción y coordinación. En el siguiente cuadro se muestra la organización completa de los contenidos anteriores, especificando el grado al cual pertenecen.

CUADRO 3.2 Organización de los contenidos relacionados con la clasificación biológica en el nivel primaria.

Grado	Contenidos
Primer año	<ul style="list-style-type: none">• Características generales de los vivos• Componentes de los seres vivos• Tipos de seres vivos: acuáticos, terrestres, anaerobios, aerobios, autótrofos, heterótrofos.• Biodiversidad de México• Criterios extrínsecos e intrínsecos para clasificar a los seres vivos• Clasificaciones de la historia de la biología• La clasificación Linneana• Niveles taxonómicos• Los cinco reinos de los seres vivos• Uso de nombres científicos
Segundo año	<ul style="list-style-type: none">• Procesos fisiológicos de los seres vivos, respiración, circulación, nutrición, crecimiento, desarrollo, reproducción.• Niveles de organización: célula-tejido-órgano-sistema.

La organización de contenidos tanto de primaria como de secundaria aparentemente muestran una organización conceptual que permite llevar a los alumnos a una concepción general de la biología, en

la cual en un curso constituido por tres niveles en primaria² y dos en secundaria, se pretende abordar integralmente todo el conjunto de conocimientos que a través de varios siglos de estudio constituyeron a la biología como una disciplina científica.

Si bien es importante que los alumnos sean introducidos al conocimiento científico, también lo es que las formas y estrategias para hacerlo sean las adecuadas con la finalidad de no saturar a los estudiantes de información que a largo plazo les resulte desaprovechada por falta de entendimiento o por el poco significado que haya tenido en su pensamiento.

La orientación y propósitos de los planes y programas de estudio de nuestro sistema educativo de ninguna manera resultan cuestionables, es apreciable el esfuerzo que se expresa en la búsqueda de la mejora educativa, y por tanto también lo es la apretura que se da hacia nuevas alternativas que apoyen esta encomienda. En este sentido en cuanto a los conocimientos a enseñar, valdría la pena reconsiderar el planteamiento de los contenidos programáticos, no en busca de cubrir requisitos disciplinarios, sino en función de lo que es adecuado enseñar a los alumnos en términos del nivel de desarrollo cognitivo.

En relación a esta situación, se muestra en la figura 3.1 a manera de trama conceptual, los contenidos que propone la SEP para abordar la enseñanza de la clasificación biológica en primaria y secundaria. En este arreglo se indican dentro de casillas de colores diferentes los conceptos centrales que han sido propuestos para cada uno de los grados escolares que abarcan estos dos niveles educativos, y puede apreciarse siguiendo la acotación de colores que se expone en la parte inferior derecha de la figura.

Con esta organización se hace evidente que en los programas escolares actualmente vigentes para la educación básica el conocimiento de la diversidad y arreglo de los seres vivos se fundamenta básicamente en la identificación de atributos y características dirigidos al reconocimiento de vida en los organismos, y es notable el uso casi ausente de criterios que permitan a los alumnos establecer agrupaciones. Con este arreglo se vislumbra una falta de continuidad en los temas enseñados tanto de un grado escolar a otro, así como entre niveles educativos, situación que dificulta el establecimiento de una relación de congruencia y concordancia entre las temáticas planteadas. Así por ejemplo se comienza con el conocimiento de los seres vivos a partir de aspectos generales, entre los que se toma como principal atributo la forma de generación sin considerar ninguna otra característica que permita generalizar el concepto de ser vivo. Posteriormente se introducen de manera tajante conceptos que requieren de altos niveles de abstracciones como es el caso de la fotosíntesis, temática que se vuelve a retomar hasta los últimos grados y que en secundaria no es abordada de manera particular.

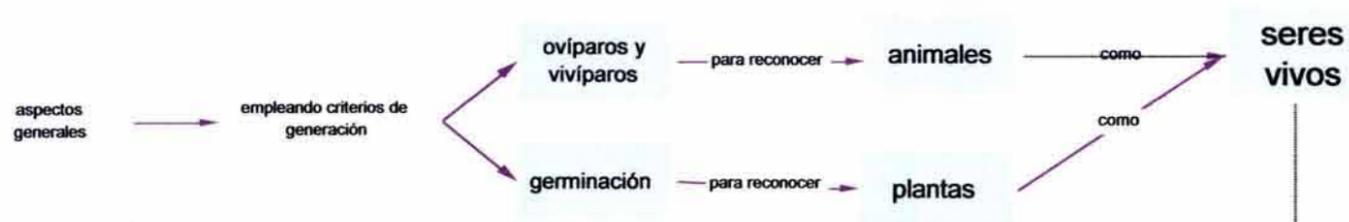
² Según los planes y programas de la SEP, la educación primaria se divide en tres ciclos, el primero corresponde al primero y segundo grados, el segundo a tercero y cuarto y el último a quinto y sexto.

En la trama conceptual aparecen señalados con líneas punteadas conceptos que se retoman en grados escolares posteriores, en todos los casos estas líneas representan espacios conceptuales que quedan sin cubrirse y que al parecer de este trabajo son los principales obstáculos que impiden el aprendizaje significativo de los estudiantes, justamente por la falta de continuidad que hay entre ellos. Al pasar de un nivel educativo a otro la falta de continuidad es aún más grande, ya que a parte de incluir conocimientos más particulares que involucran más niveles de abstracción, se integran conceptos históricos, como es en el caso de la enseñanza de célula o de los sistemas de clasificación, haciendo más complicados y saturados los conocimientos con que se aborda la enseñanza de la diversidad de seres vivos.

Con cuestiones como estas surgen interrogantes como ¿Qué se debe enseñar a los estudiantes? y ¿qué criterios se deben seguir en la selección de estos conocimientos? En el capítulo siguiente se aborda la importancia de la historia de las ciencias como una herramienta en la selección de estos contenidos, se hace una narrativa histórica sobre los conceptos estructurantes que dieron forma a las teorías actuales de la clasificación biológica y se divide en etapas históricas este desarrollo para identificar los principales obstáculos epistemológicos que en un momento determinado impidieron la formación del conocimiento científico con la finalidad de extrapolar esta información a los problemas conceptuales de los estudiantes y buscar alternativas similares a las históricas para tratar de superarlos.

FIGURA 3.1 ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL DE LOS CONTENIDOS CURRICULARES DEL NIVEL PRIMARIA Y SECUNDARIA RELACIONADOS CON LA CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

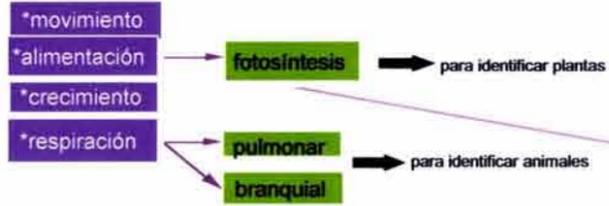
I- IDENTIFICACIÓN GENERAL DE LOS SERES VIVOS



II- CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS

Empleando como criterios:

a) procesos fisiológicos como:

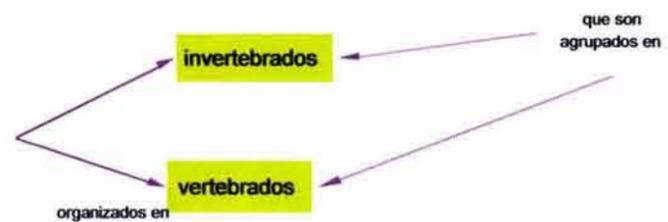


III- IDENTIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS EN LA DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS

a) a partir del establecimiento de niveles tróficos



b) agrupación de animales según la presencia o ausencia de huesos



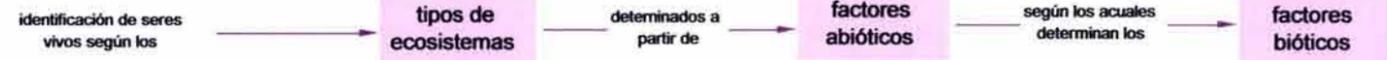
IV- IDENTIFICACIÓN DE SERES VIVOS A PARTIR DE SU CONSTITUCIÓN CELULAR



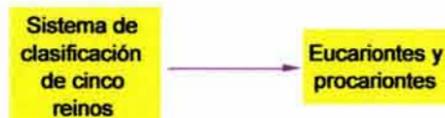
b) por funciones celulares



V- IDENTIFICACIÓN DETERMINADA POR LAS ADAPTACIONES AL ECOSISTEMA



VI- AGRUPACIÓN DE SERES VIVOS



ACOTACIÓN DE COLORES		
1er grado Primaria	2º grado Primaria	3er grado Primaria
4º grado Primaria	5º grado Primaria	6º grado Primaria
1º y 2º grados secundaria		

CAPITULO 4

EL DESARROLLO DE LA CLASIFICACIÓN EN LA HISTORIA DE LA BIOLOGÍA

La idea de construir una narrativa histórica que de cuenta del largo proceso de edificación de la biología y particularmente de los conceptos involucrados en la clasificación biológica, persigue la finalidad de reconstruir, en cuanto se posible, una línea del tiempo que permita identificar los obstáculos más relevantes que aparecieron durante el desarrollo de las teorías actuales de la clasificación. Estos obstáculos como lo han señalado autores como Gagliardi y Giordan (1986, 1988) y más recientemente Gallegos (1998) y Flores (2000) indican algunas similitudes con los problemas conceptuales identificados en las ideas previas de los niños, de aquí que surja el interés por emplear la historia de la biología como una herramienta para superar los problemas conceptuales de los estudiantes, teniendo como fundamento los conceptos que en una etapa determinada de la historia ayudaron a superar los obstáculos de la época en que fueron propuestos. Con el análisis histórico sobre el conocimiento de la diversidad y arreglo de los seres vivos que a continuación se presenta se construye en la parte final un mapa conceptual con los conceptos que en el transcurso de la narración se van subrayando a manera de indicar la continuidad seguida para su elaboración.

4.1. El surgimiento de la biología y los esbozos de la clasificación.

La inmensa diversidad de vida que impera sobre nuestro planeta ha representado para el ser humano un interés primordial a partir del cual se ha dado apertura a importantes fronteras que forman parte de las diferentes áreas que constituyen a la biología y que hacen considerarla como una disciplina de las ciencias.

Ante la idea de interaccionar con más de un millón de especies vivientes, el estudio y conocimiento de la diversidad biológica ha sido para el hombre una de las principales preocupaciones presente desde antes de que la biología fuera reconocida como una ciencia, de hecho, el interés por nombrar y ordenar esta diversidad es una actividad de la cual se tiene registro incluso desde antes de la época de los antiguos griegos, etapa en la que se desarrollaron importantes aportaciones para la clasificación biológica (Curtis, 1990).

El desarrollo de la biología a través de la historia ha traído consigo un considerable número de posturas en cuanto a las formas de ordenar a los seres vivos. Las diferentes visiones desarrolladas en torno a este interés permiten vislumbrar el pensamiento de la época en que se postularon, y la valiosa información que se ha generado de ellas sin duda enriquece y da fundamento al valor científico que a partir del siglo XIX se le otorgó a la biología.

Sin embargo, las ideas y cuestiones que dan cuenta no solamente del interés por estudiar la diversidad viviente, sino también el interés por el conocimiento del cuerpo de los seres vivos, por la noción de la vida y por la generación de los seres, que surgieron en el transcurso de la constitución de la biología como una ciencia moderna y que se plantearon bajo el propósito de conocer y comprender las leyes que rigen en la naturaleza, han sido sujetos de grandes controversias y relevantes cambios lo que conduce a considerar que la biología, y la ciencia en general, no son una simple acumulación estática de hechos y conocimientos sino que representan todo un proceso que involucra aspectos de muy diversas índoles tales como los históricos y los sociales.

Desde este punto de vista, la historia de las ciencias, y específicamente la historia de la biología, ha jugado un papel relevante en la determinación del estatus de científicidad que se le otorga al conocimiento biológico. De este hecho se deriva la importancia que en últimas fechas se le ha dado a la secuencia, proliferación y crecimiento de los registros históricos a cerca de la evolución de las ideas sobre el conocimiento de la vida, ya que con ellos se permite construir una perspectiva casi de su desarrollo a través del tiempo, así como del impacto que ha tenido la biología como campo de investigación a través de su historia.

Con el desarrollo histórico de la ciencia se originaron diversas propuestas¹ que han servido como punto de referencia no solo para la constitución de la biología como una ciencia sino también para la constitución de la física y la química, y han tenido como objetivo explicar como surge el conocimiento científico en estas disciplinas de la ciencia. En esta tarea, las

¹Por ejemplo las emitidos por los positivistas lógicos del siglo XX que atribuían la calificación de "científico" a partir del poder de la verificación, aunque ésta fuera en última instancia empírica, o el criterio de Karl Popper basado en la posibilidad de falseamiento de enunciados científicos (Ledesma, 1993)

primeras visiones sobre la formación de conceptos científicos sostenían que la ciencia era producto de una acumulación de descubrimientos llevados a cabo de manera lineal y progresiva, pensamiento que condujo hacia la concepción tradicional de una ciencia erigida, según este punto de vista, de forma gradual y acumulativa (Ledesma, 1993; 2001).

4.1.1. La visión Kuhniana del surgimiento de la biología: cuestión de paradigmas

A principios de la década de los sesenta, las ideas tradicionalistas a cerca de la concepción de la ciencia como un proceso lineal y sin interrupciones se vieron impactadas por un nuevo pensamiento introducido a la historia de las ciencias por T.S.Kuhn, en esta nueva propuesta, plasmada en la obra "*La Estructura de las Revoluciones Científicas*", Kuhn apoyado en conceptos provenientes de la historia de la física y la química, propone que la ciencia se edifica de manera discontinua, cuyo camino se forma por medio de rupturas a las que denominó revoluciones científicas (Ledesma, 2001).

El criterio del cual parte Kuhn presenta un carácter histórico-social pues deposita el estatus de científicidad en un grupo de personas que constituyen una comunidad científica que tienen el poder y la capacidad de aprobar o refutar las ideas provenientes del estudio de algún fenómeno de la naturaleza, así la aceptación científica de una idea determinada bajo la opinión y análisis de un grupo de personas muestra una cara de la ciencia inclinada hacia un orden social y por consecuencia histórico. De esta manera, el modelo de desarrollo científico de Kuhn empieza con el planteamiento de *paradigmas monolíticos*² que dominan a una determinada ciencia en un periodo específico de su historia y que impulsa a que la investigación científica se dirija hacia una misma orientación.

Los paradigmas constituyen conceptos centrales con los que se valida y unifica una disciplina científica, ya que están sujetos a ser juzgados, y por ende rechazados o aceptados por una comunidad científica. Una característica que los identifica es que a su vez generan otras preguntas (denominadas *enigmas*), dejando cuestiones no resueltas, o resueltas de manera incompleta (Ledesma, 1993). Cuando las investigaciones enfocadas en el estudio de un paradigma no logran más dar respuesta a los enigmas derivados de él entonces se comienzan a generar nuevas preguntas que representan en la historia "saltos" o como los reconoce Kuhn "revoluciones científicas" y es precisamente en ésta etapa en donde se visualiza a la ciencia no como un proceso lineal sino como un proceso discontinuo en donde el surgimiento de nuevas

² Los paradigmas monolíticos son conjuntos de conceptos surgidos a través de la teoría que son capaces de definir una tradición científica normal (Suárez, E. ; Barahona, A. y Martínez, S., 2000)

interrogantes dan lugar a la formación de un nuevo paradigma cuya finalidad radica en la búsqueda de explicaciones. El cambio en un paradigma involucra siempre la decisión de aceptar otro optando por una nueva, más reciente y estudiada visión de la realidad.

La historia de la ciencias vista desde el punto de vista Kuhn permite interpretar, a partir de la delimitación de panoramas generales, como se han generado las ideas que fundamentan a la biología como una disciplina de las ciencias. De esta forma y considerando éste marco se propone que la biología se constituye como ciencia a partir del siglo XIX, cuando surgen en la historia los cuatro paradigmas de orden superior en los que se abordaron problemáticas de carácter general reconociéndolos por tal motivo como los paradigmas centrales de la biología: La postulación de la teoría celular en 1839 formulada por Teodoro Schwann y Matias Jacobo Schleiden, constituye el primer gran paradigma central de la biología, en seguida se reconoce La Teoría de la Evolución formulada en 1859 por Charles Darwin en su obra *El origen de las Especies*, posteriormente la Teoría de la Homeostasis propuesta por Claude Bernad en 1878 en su obra *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a los animales y los vegetales* donde se habla de la regulación del medio interno de los organismos, y por último la Teoría de la Herencia planteada por Gregorio Mendel en 1865 pero que carece de impacto científico hasta su redescubrimiento en 1900 cuando Carl Correns, Erich Tschermak y Hugo De Vries llegan a las mismas conclusiones.

El establecimiento de éstos cuatro paradigmas determinaron, en el transcurso de la historia, el surgimiento de la biología como una disciplina de las ciencias, sin embargo para algunos autores como Sloan (2000) el modelo de análisis propuesto por Kuhn a pesar de que se ha aplicado exitosamente a varios casos en la historia de las ciencias físicas ha presentado un éxito limitado en las ciencias de la vida, sobre todo al tratarlo de aplicar a la tradición de la historia natural, que Kuhn define en términos de su teoría como la etapa previa de la biología.

4.1.2. La historia Natural y su aportación al estudio de la clasificación

Sobre la historia natural se puede decir que comienza en la antigüedad, desde el momento mismo en que el ser humano entra en contacto con su medio y surge en él el interés por conocer a los seres vivos que le rodean. La historia natural en general es concebida como una investigación sistematizada de los hechos que suceden en la naturaleza, en donde la observación es la principal fuente para la obtención de datos (Sloan, 2000).

Para Foucault (1985), la historia natural de los seres vivientes formaba sólo parte de una curiosidad natural que más tarde amplió y precisó el conocimiento de la vida, pero no constituía

de ninguna manera en el sentido científicamente estricto una biología formal debido a que en esas épocas la biología aún no existía y su corte del saber, que se estableció desde hace más de ciento cincuenta años, no es válida en un periodo anterior.

Dentro del análisis historiográfico de Kuhn, la historia natural es vislumbrada como una de dos etapas que complementariamente constituyen el desarrollo histórico del conocimiento de las ciencias de la vida (Ledesma, 2001). Así pues, la gran cantidad y diversidad de conocimientos y contribuciones relativas a los seres vivos realizadas hasta antes del siglo XIX (es decir antes de la formulación de los paradigmas globales) constituyen lo que los historiadores han denominado la etapa precientífica de la biología que se reconoce también como historia natural o naturalismo.

La considerable cantidad y diversidad de conocimientos relacionados con la comprensión de la vida desatadas durante el naturalismo conforma una rica y sólida base que fundamenta el nacimiento de la biología como una ciencia moderna ya que de ellos surgen las principales fuentes con las que posteriormente se formularon los paradigmas centrales, de hecho siguiendo la línea del pensamiento de Kuhn, ésta acumulación de conocimientos agrupados en temáticas diferentes según su naturaleza, son considerados como paradigmas específicos y en torno a ellos se desarrollaron la mayor parte de los trabajos e investigaciones realizados durante la etapa de la historia natural (Ledesma, 1993).

De esta manera se plantearon desde la antigüedad problemas como el conocimiento del cuerpo, la diversidad y generación de los seres la noción de la vida, determinados en relación al conocimiento de la naturaleza, y que constituyeron preocupaciones fundamentales de cuyos estudios se derivan muchos de los fundamentos que más tarde darían base al valor científico del conocimiento biológico.

Llevando el criterio historiográfico de Kuhn a los terrenos del conocimiento biológico se marca entonces una evidente división, de forma que la "historia de la biología" parte del momento en que se tienen ya estructurados los paradigmas centrales, mientras que la etapa anterior a ésta, rica en información y plena de descripciones forma la etapa de la "prehistoria" o historia natural de la biología (Ledesma, 1993; 2001).

Esta visión a cerca de la historia natural representa el desarrollo de la racionalidad biológica en etapas progresivas que llegan hasta Darwin, así en éste análisis la historia natural estática y creacionista es suplantada por la biología evolucionista, la taxonomía esencialista es concebida genealógica y poblacionalmente, mientras que la evolución ramificada es formulada de manera tal que evita los problemas de la evolución lineal de Lamarck (Sloan, 2000).

4.2. La clasificación biológica: del estudio de la diversidad de los seres vivos al establecimiento de los sistemas de clasificación

La clasificación biológica es considerada como uno de los diversos caminos por los cuales se intenta descifrar la estructura natural del mundo vivo. Esta tarea es una de las actividades más antiguas de las ciencias de la vida y con el paso del tiempo ha llegado a ser uno de los objetivos fundamentales de los observadores del mundo natural.

El ser humano ha empleado la clasificación³ como recurso para enfrentar la diversidad que le rodea, e instintiva o conscientemente se ha dado a la tarea de clasificar a su mundo circundante para de alguna forma percibir orden dentro de ésta diversidad.

Las clasificaciones son necesarias por varias razones, una de ellas es la de reconocer y ordenar eficientemente el enorme número de especies de organismos que hay sobre la tierra, la segunda se inclina más hacia una visión evolutiva, en donde las clasificaciones se emplean para describir funciones no solamente referidas a las descripciones de un grupo en específico sino también a la de estructurar hipótesis evolutivas con las que se puedan representar patrones de ancestría y descendencia de los seres vivos que habitan sobre la tierra (Brusca, 1990). De esta forma, con la clasificación biológica se procura cumplir dos funciones distintas: por un lado la de proveer métodos útiles para catalogar a los organismos y por el otro, la de reflejar el curso de los cambios evolutivos que presentan los seres vivos a lo largo de su historia (Curtis, 1990).

Con el transcurso del tiempo, los métodos y sistemas de clasificación han ido cambiando radicalmente debido a que los criterios empleados para clasificar provienen de muy diversas visiones, dando lugar a diferentes pensamientos que llevan al establecimiento de grandes controversias, sobre todo cuando son comparadas y puestas a prueba, no sólo a nivel historiográfico sino también en cuanto a científicidad se refiere.

En las siguientes líneas se intentará dar un esbozo general de la evolución a la que han estado sujetos los diversos pensamientos enfocados al ordenamiento de la diversidad biológica, y se hace hincapié en que a pesar de las diferentes posturas que a través de la historia puedan haber surgido el conocimiento de la vida ha sido siempre un interés primordial para los seres humanos, de ahí que se puedan encontrar posiciones que en la actualidad tal vez resulten absurdas pero que en su debido momento jugaron un papel relevante para la constitución de la ciencia de la clasificación actual.

³ Es decir, el agrupamiento de objetos en clases sobre la base de atributos que poseen en común y sus relaciones, refiriéndose a éste último término en función de que los objetos se encuentren en un mismo tiempo y lugar (Crisci, J. año pendiente).

4.2.1. Los primeros estudios sobre la diversidad del mundo vivo: Grecia

El origen de la ciencia de la clasificación puede remontarse hasta los antiguos griegos, no obstante el proceso de clasificar, el reconocimiento de estructuras y el agrupamiento de organismos u objetos (I A1) sin duda comienza con el hombre primitivo y el establecimiento de sus primeras civilizaciones, en donde el conocimiento de la naturaleza lejos de ser adquirido de manera conciente surge a partir de sus intentos por curar las enfermedades, del cultivo de los campos y de la cría de ganado.

Ya en la época griega, surgen las primeras aportaciones a la clasificación biológica, que sin embargo tuvieron sus orígenes a partir de cuestiones no biológicas que se trasladaron al mundo vivo. Así, como punto de partida se tiene al pensamiento pitagórico, en el que todas las cosas eran tratadas como números o semejantes a números, llegando a la conclusión de que todas las cosas que existían sobre la tierra podían ser medibles y comparables (I A2) (Papavero et al, 1994).

Euritos de Taranto, miembro activo del pensamiento pitagórico, fue el primero en extender las ideas del pitagorismo numérico y de sus métodos al estudio de los seres vivos. Este pensador intentó asignar un número determinado a cada una de las especies de seres vivos, hasta ese momento reconocidas, por medio de figuras formadas con piedras de colores, y según el número de piedras que hubiera ocupado en cada organismo era el número con el cual identificaba a una determinada especie (Papavero *et al.*, 1994). Mas tarde Aristóteles y Teofrasto hicieron alusión a las teorías de Euritos, aunque ambos se negaban a la idea de que una visión numérica aplicada hasta entonces únicamente a los entes matemáticos pudiera dar explicación a las causas y las sustancias (I A3) de los seres de la naturaleza.

Teofrasto de Eresos tomando cautelosamente las aportaciones de Euritos en el inicio de la clasificación, postula sus propias ideas que se enfocaron al estudio de las plantas (I A4). Estudiando la morfología y la biología de las plantas este pensador adoptó un sistema no formal de clasificación en la que consideró la forma de crecimiento (I A5), (árboles, arbustos y hierbas) (I A6) como criterio de arreglo. Otro criterio que empleó fue la presencia o ausencia de espinas, y si eran o no cultivadas por el hombre (silvestres-cultivadas) (Mayr, 1995). Teofrasto no pudo llegar a una clasificación de las plantas tan oportuna como la lograda por Aristóteles para los animales, sin embargo se debe considerar que las cuestiones relacionadas con las plantas presentaban aspectos mucho más difíciles que los que se tenían con los animales.

Por su parte Platón (427-347 a.C.), en relación al problema del conocimiento de la vida dejó también importantes ideas que plasmó en su obra el *Timeo*, que pertenece a la cuarta

serie de sus Diálogos denominados “de la última etapa” (Ledesma, 2000). En el *Timeo*, Platón propone un método para clasificar a las “especies naturales” reconocido como de diéresis o división lógica (I B8) que fue primeramente aplicado a un concepto no biológico (Papavero et al, 1994. Papavero et al, 1997). La división lógica de Platón fue un método basado en un procedimiento inferial y lógico que consistía en adicionar atributos (denominados diferencias), siempre de manera dicotómica, a un determinado concepto con la intención de encontrar afirmaciones que lo pudieran definir.

Considerando el método de la división lógica, Platón determinó una escala de la naturaleza (I B9), que más adelante sería retomada por Aristóteles, a través de una clasificación de los animales totalmente ordenada que va desde los seres más imperfectos (I B10) hasta el más perfecto (I B11) de todos, el hombre (varón) (I B12) (Papavero, 1995; Ledesma, 2001). Así, Platón estableció cuatro clases de animales que se derivaban de un núcleo central que era el hombre, la primera de estas clases “inferiores” era la de las mujeres (I B13), que se conforma por la reencarnación del alma de los varones cobardes o que llevaban una vida disoluta, la segunda clase era la de las aves, que según a juicio de Platón fue creada a partir de hombres inocentes y de mentes aéreas que fueron remodelados y transformados en aves, a las que les crecieron plumas en vez de pelos. La tercera clase era la constituida por animales terrestres (I B14) de naturaleza salvaje y vulgar que provenían de varones que no poseían ninguna filosofía en sus pensamientos y que nunca hicieron consideraciones de la vida celeste porque dejaron de usar los cursos de la mente, pero retuvieron aquellas partes del alma que estaban en el pecho. De esta forma y como consecuencia de sus hábitos, se originaron animales que tuvieron sus piernas delanteras y sus cabezas descansando sobre la tierra (cuadrúpedos) (I B15), otros, que provenían de seres más insensibles fueron provistos por más apoyo para que quedaran más atraídos a la tierra (polípodos), y unos más, originados de los varones más tontos, para que quedaran aun más sujetados a la tierra fueron desprovistos de apéndices y condenados a reptar sobre la tierra (ápodos) (I B15). La última clase era la formada por los animales acuáticos (I B16), que según la filosofía platónica descendían de los hombres más enteramente insensibles e ignorantes de los cuales se pensaba no necesitarían más que de la respiración pura pues poseían un alma impura que los hacía merecedores de un entorno hostil y despreciable como lo era el profundo y lodoso mar como castigo de su desmesurada ignorancia.

La escala de la naturaleza propuesta por Platón constituyó posteriormente uno de los principios de un esquema general a cerca del orden de las cosas denominado “La Gran Cadena del Ser”, esquema que estaba basado en la idea de una continuidad lineal, en donde el arreglo

de los seres que forman parte de la tierra se llevaba a cabo desde el mundo inanimado hasta el mundo animado (Barahona, 1998).

La visión de la Gran Cadena del Ser o *scala naturae* es un pensamiento constituido por tres ideas estrechamente relacionadas entre sí: el principio de plenitud (que antecede a los trabajos de Platón), el principio de la continuidad (emergido de la obra de Aristóteles) y el principio de jerarquización, las cuales han aportado importantes conocimientos relacionados con la clasificación de los seres vivos.

El principio de la plenitud de Platón expresaba una tendencia hacia la perfección en la escala natural en donde se postulaba la existencia de lo perfecto, continuo y lineal como un ideal, pensamiento que dejó plasmado en el sistema de clasificación que realizó para los animales (Panchen, 1992; Barahona, 1998).

Por otro lado, pero destinado a relacionarse con el principio de la plenitud, se encuentra el principio de continuidad que tiene sus orígenes en el pensamiento aristotélico, en donde la naturaleza, según este filósofo, pasa gradualmente de lo animado a lo inanimado dejando una continuidad tal que hace casi indistinguible las fronteras entre ambos y que origina una clase intermedia que pertenece a ambos órdenes (Lovejoy, 1936, citado por Valladares, 2002).

Los elementos principales de la escala natural provenientes de Platón y Aristóteles edificaron una estructura del mundo compuesta por un número infinito de eslabones que ascendían en orden jerárquico desde la clase más ínfima de lo existente hasta la clase más elevada posible de criatura, de manera gradual y continua (Valladares, 2002). Para Aristóteles la naturaleza vista desde esta postura era dominada por dos ideas fundamentales; la del orden y la del objetivo de las cosas materiales, cuestiones que lo llevaron a establecer un sistema de clasificación para los animales obedeciendo a su intención por ubicar todo lo existente en una gran cadena del ser.

4.2.1.1. La tradición del pensamiento aristotélico

La historia de la taxonomía comienza su curso a partir de las obras de Aristóteles (384-322 a. C.), quien refutando las ideas de Platón apreció más la observación directa y sencilla de la naturaleza, centrando su interés en el estudio de la vida, de sus formas y de sus manifestaciones.

El pensamiento de Aristóteles abarcó gran parte de las preocupaciones determinadas en cuanto al conocimiento de la vida, y en lo que a la diversidad y arreglo de los seres vivos se refiere dio paso a la aplicación de una lógica donde abandonaba la tradición platónica al

sustituir la dicotomía tradicional, que según él era demasiado rígida para adaptarse a la diversidad del mundo real, por una clasificación más flexible que consistía en una ordenación sistemática de todos los seres vivos.

Aristóteles estableció una clasificación general ordenada de manera lineal, en donde la diversidad se empezaba a acomodar de los objetos inanimados hasta las plantas y los animales, pensamiento inmerso dentro del esquema general de La Gran Cadena del Ser. Fue Aristóteles quien sugirió la idea de clasificar a todos los organismos en una única escala natural que era ordenada según el grado de perfección (I C18) que poseían los seres, para hacerlo Aristóteles se basaba en las "potencias del alma" (I C17), que según su criterio iban desde la vegetativa (I C19), que incluía plantas y seres inanimados (I C22), la animal (I C20), donde se arreglaba a los animales inferiores y superiores, hasta la racional que es la del hombre (I C21). Cada uno de los niveles superiores conservaba todas las facultades de las inferiores e insertaba una característica adicional que es la que le otorga el estatus de superioridad. Al mismo tiempo esta escala del ser era estática, ya que era creada como perfecta y cualquier cambio era considerado como un deterioro o una degradación (Barahona, 1998, Valladares, 2002)

Aristóteles escribió tres tratados zoológicos difíciles de desarticular, la *Historia de los animales*, las *Partes de los animales* y la *Generación de los animales*, en donde hay descripciones que se complementan y elementos de clasificación que plasman casi todas las cuestiones relacionadas con el estudio de los animales: minuciosas descripciones de los diferentes organismos, su configuración y costumbres, cuidadosas disecciones y consideraciones de anatomía comparada, razón por la cual es tradicionalmente reconocido como el padre de la ciencia de la clasificación.

El sistema de clasificación de Aristóteles consistía en formar grupos principales que eran reconocidos como "géneros máximos", éstos podían dividirse y formar subagrupaciones llamadas "géneros", que a su vez podían también dividirse y formar grupos más limitados denominados "especies". En cuanto a la diversidad animal estableció una clasificación en la que los animales eran caracterizados y agrupados según su manera de vivir (I C25), sus costumbres (I C22) y sus partes anatómicas (I C27) (tanto internas como externas, es decir, órganos motores (I C28), órganos de los sentidos (I C29), presencia de sangre (I C30) etc.), siendo éste último criterio la base más importante con la que estableció su sistema de clasificación (Miel, 1951; Mayr, 1995; Ledesma, 2001).

Las partes corpóreas resultaron para Aristóteles características útiles en la formación de agrupaciones, estableció homologías al comparar las partes de especies de un mismo grupo,

pero tuvo complicaciones al comparar las partes de grupos diferentes (por ejemplo aves y peces) sobre todo porque su correspondencia no era tan íntima como en el primer caso, y para dar solución a esta cuestión determinó que en cierto sentido las partes de los diversos animales eran las mismas, pero en otro sentido podían llegar a ser distintas, correspondiéndose solamente por analogía (Papavero *et al.*, 1997).

De acuerdo con los criterios establecidos por Aristóteles este dividió a los animales en dos categorías diferentes; los animales de tierra (I C31) y los animales de agua (I C32), dividiendo a su vez a estos últimos en animales que vivían por completo en el agua, como los peces, y animales que vivían ahí la mayor parte del tiempo pero que respiraban y se reproducían fuera del agua.

En cuanto a sus partes distinguió dos clases principales: la de los animales con sangre roja (*enaima*) correspondientes a nuestros vertebrados y la de los animales desprovistos de ella (*anaima*) equivalentes a los invertebrados. Cada grupo fue dividido en cuatro partes obteniéndose así ocho diferentes clases: Los cuadrúpedos (I C33) que engendraban en sí mismos pequeños seres, colocando en esta categoría a los cetáceos, los murciélagos, el hombre y los monos. Los cuadrúpedos que ponen huevos (reptiles y anfibios) de los cuales algunos carecen de patas, Las aves o bípedos con plumas, los peces o ápodos, los *malakia* que corresponde a los cefalópodos, los *malakostraka*, que agrupa a los crustáceos, los *ostrakoderma* que se refiere a los moluscos y equinodermos, y por último los *entoma* que engloba a los insectos y helmintos (Mieli, 1951).

La lógica de Aristóteles fue ampliamente utilizada durante la Edad Media, época en la que sus escritos eran considerados textos correctos, fluidos y sin complicaciones que sustentaron el origen de una ciencia de la clasificación. Este mismo pensamiento tuvo sus alcances incluso hasta el siglo XIX, en donde sus patrones establecidos permanecieron como modelos formales, que sin embargo no llegaron a constituirse como verdaderos sistemas lógicos de clasificación, sino que evolucionaron hacia nuevas formas y procesos de investigación en donde se empleaban otros medios de raciocinio además del inductivo propuesto por Aristóteles.

4.2.2. Las clasificaciones biológicas de la edad media

Después de las aportaciones de Aristóteles a las cuestiones de la clasificación biológica, los estudios subsecuentes relacionados con el ordenamiento del mundo natural se orientaron más hacia el interés por clasificar a los organismos pertenecientes al reino animal, en ésta búsqueda las clasificaciones propuestas se orientaron hacia dos rumbos distintos. Por un lado durante los

primeros siglos de la edad media se propusieron clasificaciones que en su mayoría se realizaron a partir de la colección de relatos fantásticos y de fábulas morales (Mieli, 1951) sobre la vida y costumbres que se planteaban en torno a estos seres vivos. Posteriormente, en el inicio del siglo XIII las anteriores ideas fueron reemplazadas por una visión más objetiva en la que la observación directa de la naturaleza fue el fundamento principal en la indagación de criterios que apoyaran las tareas de clasificación (Ledesma, 2001).

4.2.2.1. Las propuestas de clasificación moralistas y fantásticas

En esta etapa de la historia el conocimiento de los seres vivos (animales casi en su totalidad) parte de la referencia de otros autores y no de las observaciones directas como lo sucedido en la época griega. En los trabajos realizados durante este periodo se ven analizados con detalle los conocimientos plasmados en los escritos de Aristóteles, sin embargo la perspectiva con que se ve al mundo, a los seres vivos y a las cosas es completamente diferente, así el estudio de los animales por ejemplo incluía descripciones fantasiosas (II A 2) que poco se acercaban al mundo real.

Una de las principales obras emergidas en el transcurso de ésta etapa es la *Historia naturalis* de *Calus Plinius Secundus* mejor conocido como Plinio el Viejo, y constituye una de las recopilaciones que más influencia tuvieron durante los primeros siglos de la edad media.

La obra de Plinio representa el inicio de un conocimiento conformado de manera enciclopédica ya que en ella, en un intento por tratar de manera completa todo el conocimiento de las ciencias naturales y de todos los demás conocimientos científicos que se poseían en la antigüedad, este pensador pretendía realizar una colección de relatos sobre todos los tópicos, y puso especial interés en aquellos que mostraban en detalle a los objetos naturales (Sloan, 2000).

La larga compilación de Plinio estuvo compuesta por 37 libros, y la información que ellos se plasmó fue extraída durante varios años de libros de autores griegos y latinos (Papavero *et al.*, 1995). Su trabajo inicia con un sistema de cosmología general, para pasar luego a la astronomía, la geografía, antropología, cuestiones filosóficas, farmacología, mineralogía, las bellas artes, la zoología y la botánica (Ledesma, 2001). En relación al estudio de la zoología y la botánica, Plinio elaboró el primer gran tratado sobre la distribución de animales y plantas en el orbe hasta entonces conocido, en éstos trabajos se realizaron un considerable número de notas a cerca de los hábitos, curiosidades y utilidad de éstos seres vivos (II A3). Investigó a cerca de varios animales, principalmente mamíferos mezclados con

varios reptiles, se refirió también a los animales acuáticos así como a varios géneros de insectos y en general de las partes del cuerpo de los animales (Papavero *et al.*, 1995).

Otra visión desarrollada después de los trabajos de Plinio fue la representada por el grupo denominado **los bestiarios** cuyo antecedente más relevante es la obra conocida como *Physiologus* que hasta principios del renacimiento se consideró como un texto científico de gran utilidad, y cuyos principios siguieron la misma línea que se planteó en los escritos de Plinio.

El rasgo más importante de los bestiarios es que consideraban a los animales como símbolos morales y religiosos (II A 1) (Ledesma, 2001), sin embargo, en sus textos también se incluían, aunque de manera más limitada algunas anotaciones que hacían referencia a la anatomía, funciones y costumbres de los organismos estudiados.

En los documentos de los bestiarios se escribían cosas increíbles de los animales y no se concedía ninguna participación a la observación de la naturaleza, sus principales fuentes de información se limitaban a leyendas que se mezclaban con hechos exactos y que insistían principalmente en el aspecto simbólico y moralizador de los seres vivos que se estudiaban. En esta obra se incluyeron también menciones de ciertas plantas, aunque la preocupación central de la obra se enfoca a los animales.

4.2.2.2. Las clasificaciones de la edad media basadas en la observación de la naturaleza

Con la evolución de los pensamientos en torno a la clasificación del mundo vivo llegaron nuevas formas y métodos para realizar clasificaciones. Los cambios que sucedieron a la visión casi fantástica y moralista del arreglo de los animales se sustituyó por una arreglo que se justificó en la observación directa de la naturaleza (II B4) (Ledesma, 2001), dando lugar a una etapa de la edad media en la que los trabajos relacionados con el ordenamiento de la vida se basaron primordialmente en el sentido de la razón (II B5), en donde absolutamente todas las cosas obedecían o eran sometidas a leyes precisas de la naturaleza.

El interés central del conocimiento de la vida a partir del siglo XIII se enfocó en las actividades que realizaban los seres que formaban parte de la escala de la naturaleza viviente, tal y como había sucedido en la época de Aristóteles. Es durante ésta etapa en donde emerge el mayor interés por el estudio de la botánica, cuya importancia radicó sobre todo en los atributos médicos que se le otorgaban a las plantas, teniendo como base las traducciones que se hicieron de la obra de Dioscórides realizados en siglo IX, en donde se mencionaban aproximadamente 600 especies de plantas que se dispusieron en un orden bastante lógico determinando grupos muy semejantes a las de las familias actuales sin llegar, sin embargo, a una sistemática racional (Mieli, 1951).

Siguiendo con los estudios botánicos de ésta época sobresalen las aportaciones de Alberto Magno, que apoyadas en los antiguos razonamientos griegos de Aristóteles y Teofrasto lo llevaron a establecer una clasificación de las plantas basada en un análisis de la forma de vida y de la morfología externa (II B6), considerando las flores y los frutos, en donde reconoció dos tipos diferentes: los secos y los carnosos, llegando a establecer con estos criterios una escala (II B7) desde los hongos (II B8) hasta las plantas con flores (II B9), aunque en éste último grupo no distinguió con claridad la diferencia entre monocotiledóneas y dicotiledóneas (Papavero *et al.*, 1997; Ledesma, 2001).

Con respecto de la clasificación de los animales, Alberto Magno apoyado en los tratados de Aristóteles realizó descripciones de numerosos animales que culminaron en un sistema de clasificación basado sobre el modo de generación (II B10), es decir, sobre el grado de desarrollo alcanzado por los hijos al momento de la expulsión del seno materno. De este modo los mamíferos constituían a los animales más calientes (II B11) y que engendraban de manera vivípara (II B12) crías perfectamente semejantes a los padres, aunque más pequeñas; las víboras y los peces cartilaginosos eran ovíparos (II B13) internamente y vivíparos externamente; las aves y los reptiles producían huevos perfectos (II B14), es decir, que no aumentaban de tamaño una vez puestos, los peces, los cefalópodos y los crustáceos producían huevos imperitos, los insectos producían un scolex que se desarrollaba luego en "huevo", los testáceos producían un viscoso reproductor o se reproducían por brote, y en general los miembros de los grupos inferiores (II B15) podían engendrarse por generación espontánea (II B16) (Ledesma, 2001).

4.2.3. El arreglo de la diversidad biológica en los siglos XVI y XVII

El renacimiento es una etapa de la historia en donde se desató el desarrollo no solamente de la ciencia, sino de la cultura en general, durante este periodo con el conocimiento de la naturaleza se busca por un lado descifrar en detalle la estructura del cuerpo humano, y por otro lado saber todo lo posible respecto a la diversidad de las formas de los seres vivos existentes.

En el renacimiento convergen muchas situaciones que dan un vuelco completo a las formas, métodos y planteamientos propuestos para estudiar al mundo vivo. Entre estos importantes acontecimientos se encuentra la invención de la imprenta, con la cual se pudieron difundir junto con los escritos realizados en la época las obras clásicas del pensamiento griego que condujeron nuevamente a la concepción de la observación y la preparación artificial (III 5) y conciente de los fenómenos de la naturaleza expuesta por los grandes filósofos griegos.

Se encuentran también entre estas situaciones el descubrimiento de tierras occidentales que confrontó la tradición europea con nuevas preguntas concernientes a la clasificación (Sloan, 2000). Las plantas y animales encontrados en las tierras del nuevo mundo en un principio se trataron de identificar con las especies descritas en la antigüedad, pero pronto se reconoció que se trataba de especies nuevas que Aristóteles, Dioscórides, Teofrasto y Plinio no conocían y que por tanto no habían incluido en sus clasificaciones.

En el intento por identificar plantas, animales y minerales mencionados en los textos antiguos se presenta una renovada investigación empírica que busca revisar, corregir y hasta criticar los descubrimientos pasados, pero permaneciendo siempre con una visión similar en cuanto a los valores y la naturaleza de la investigación.

Una circunstancia representativa de la etapa renacentista es que los documentos obtenidos de los minuciosos estudios no se transcriben en palabras, textos o archivos como se venía haciendo desde las etapas anteriores, sino que se representan en espacios claros (III 2) como herbarios (III 3), colecciones o jardines (III 4) que permitieron presentar a los seres vivos más que como un lenguaje descriptivo, como superficies visibles capaces de ser analizadas. Las colecciones de especímenes realizadas durante el renacimiento partieron en la mayoría de los casos del interés personal de algunos individuos o del ámbito eclesiástico que reinaba durante esa época, sin embargo es también en este tiempo cuando se comienza a incrementar el interés por el conocimiento científico desligándose, aunque no de manera total, del pensamiento místico.

Surge con estos antecedentes la formación de espacios de estudio edificados bajo el interés puro de la investigación como es el caso del primer jardín botánico no monástico formado por Mateo Silvático en el 1317 con la finalidad de poder observar a las plantas de los distintos lugares que él había visitado. A partir de éste momento aparecieron en distintos lugares de Europa no sólo jardines botánicos, sino también colecciones completas de animales realizados por estudiosos de la naturaleza en conexión con las facultades de medicina de las universidades de aquellos lugares (Crombie, 1980).

4.2.3.1 El ordenamiento de las plantas

Foucault (1985) (en su escrito "Las palabras y las cosas") menciona que lo que existía desde el siglo XV hasta a mediados del siglo XVII eran historias (III 1), y enfatiza que la elaboración de la historia de una planta o de un animal era lo mismo que decir cuáles eran sus órganos, que semejanzas se le podía encontrar, cuáles eran las virtudes que presentaban, los alimentos que

se podían proporcionar y las leyendas e historias que se contaban en torno a ellos. Hablar de la historia de un ser vivo, según las palabras de Foucault, era el mismo ser completo, su interior y sobre todo la red semántica con la cual se relacionaba con el mundo. La tarea entonces de los estudiosos del mundo natural, Según Ledesma (2001), se centraba en recuperar documentos y signos anteriores que contribuyeran con información para formar estas historias.

Es aproximadamente en la primera mitad del siglo XVI cuando se comienzan a abandonar las antiguas representaciones de las plantas, dando paso a la formación de colecciones realizadas con dibujos obtenidos directamente de la naturaleza o con los propios especímenes colectados y herborizados. El método de desecar a las plantas y de formar jardines botánicos trajo consigo la difusión paulatina por todo el mundo de ejemplares que en la actualidad forman parte indispensable de los herbarios y de las que se sigue obteniendo relevante información para las clasificaciones contemporáneas.

De este hecho surgen en este tiempo los primeros grandes herbarios y sus consecuentes estudiosos, siendo representativos de esta recién iniciada labor los denominados "padres alemanes de la botánica" quienes realizaron clasificaciones de los vegetales en las que en realidad se alcanza a vislumbrar la ausencia de un sistema conciente de ordenación, provocado en parte por el hecho de que no se buscaba solamente una clasificación, sino también las propiedades y los usos que pudieran tener las plantas estudiadas (Mieli, 1951; Mayr, 1995).

Entre los citados padres alemanes de la botánica se encuentran **Otto Brunfels** quien fue el primero en realizar una obra a cerca de las plantas basándose en dibujos obtenidos de la observación de la naturaleza, **Jerome Bock de Heiderbach** que escribió su obra botánica en la que incluyó cuidadosas descripciones (III 6) que cotejo con las descritas en los trabajos griegos, **Leonard Fuchs** que propuso un ordenamiento alfabético (III 7) de plantas medicinales con la idea de formar una guía para la colección de ejemplares, **Valerius Cordus** que por su parte realizó viajes de exploración en la que colectó plantas que aun no habían sido descritas, en su obra Historia de las Plantas describe casi 500 especies convirtiéndose en el primer naturalista en realizar una investigación sistemática de la estructura de las flores, finalmente William Turner en sus trabajos hace un análisis de los nombres de las plantas (Mieli, 1951; Ledesma, 2001).

En las clasificaciones realizadas con herborizados y dibujos se pueden identificar tres aspectos significativos: primero, hay en ellas un vago reconocimiento de clases (o especies específicas) y de grupos. Segundo, los grupos que pudieron ser identificados, como por ejemplo los pastizales, son grupos naturales que son reconocidos por la atribución de características

superficiales, y tercero, en las agrupaciones se establecen fronteras muy limitadas y poco flexibles, es decir los organismos que pertenecen a un determinado grupo tenían que cumplir con una serie de características que debían coincidir exactamente con las características de su correspondiente grupo.

Por su parte, **Andrea Cesalpino** (1524.1603) destacó notablemente por su trabajo clasificatorio afirmando que en las plantas la propiedad de mayor importancia era su sustancia, identificando con ello una distinción entre plantas leñosas y plantas herbáceas. También observó que el proceso de reproducción, así como la estructura de los frutos y de las semillas son criterios útiles para la clasificación, así en su obra *De plantis* (Mieli, 1951) describe y ordena numerosos árboles y hierbas dividiéndolos según la estructura de sus frutos. También agrupa a las plantas como perfectas o imperfectas, siendo estas últimas aquellas que carecen de semillas y que en la actualidad son reconocidas como criptógamas.

Las clasificaciones botánicas de los XVI y XVII pueden catalogarse como naturales y artificiales, las primeras agrupan a las plantas considerando todas sus particularidades, y las segundas toman en consideración una sola propiedad, de cualquier modo a finales del siglo XVII la clasificación de las plantas en árboles, arbustos y hierbas ya no era suficiente para el ordenamiento de las plantas, y las divisiones basadas en propiedades medicinales dejaron también de ser aceptadas.

4.2.3.2 El ordenamiento de los animales

En lo que respecta a la diversidad de los animales, paralelamente al estudio de las plantas, se reconocen también las contribuciones de grandes estudiosos que realizaron colecciones completas a cerca del ordenamiento de estos seres vivos. Algunos como **Pierre Belon** (1517-1564) y **Guillaume Rondellet de Montepiller** más que ordenamientos realizan trabajos de identificación. Belon Por su parte, fundamentándose en comparaciones anatómicas distingue grupos diferentes, que según estas características, no podían estar relacionados entre si. Entre una de sus grandes contribuciones se encuentra el estudio de los cetáceos, en particular de las ballenas, afirmando, como lo había hecho anteriormente Aristóteles, que estos organismos tienen el hábito de amamantar a sus crías, sin embargo en esta identificación no utilizó el término mamífero, concepto que fue introducido hasta el siglo XVIII por Lineo. Erróneamente, reconoce como peces a todos los animales que viven en el agua, incluyendo las medusas, los moluscos, los crustáceos, las focas, las nutrias, los castores y los hipopótamos. Con sus identificaciones Belon trata de introducir una clasificación sistemática, utilizando siempre

características anatómicas en este caso tanto internas como externas, separando a los peces dos grupos; los que tienen un esqueleto óseo y los que tienen un esqueleto cartilaginoso. Separa también al resto de los seres vivos como ovíparos o vivíparos. (Ledema, 2001).

Entrando al terreno de la clasificación, el naturalista suizo **Conrad Gesner** (1516-1565), quien se caracterizó por su forma enciclopédica para recabar información, realiza un estudio detallado de los animales basado en los principios de Aristóteles e influenciado por la obra de Plinio, así realiza descripciones entre las que destacan las referentes a los peces y a los invertebrados. Estudia cada animal reuniéndolos en grupos diferentes y ordenándolos alfabéticamente (III 7) sin considerar las relaciones que existen entre ellos y la naturaleza. Para cada animal obtiene sus nombres en diferentes lenguas, su lugar geográfico (III 8) de origen, una descripción de sus partes internas y externas (III 9), así como la función natural de su cuerpo, las cualidades de su alma, la utilidad del animal para el hombre, su empleo como artículo de alimentación, su uso con finalidades médicas y reflexiones poéticas y filosóficas.

Por otro lado y siguiendo con los naturalistas dedicados al estudio y ordenamiento de los animales se encuentra otro digno representante de este periodo de búsqueda llamado **Ulisse Aldrovandi** (1522- 1605), quien escribe una historia completa sobre la historia natural que consta de 14 volúmenes, 4 de los cuales estuvieron dedicados a los animales, tres de ellos a las aves y el último a un estudio detallado de los insectos (Ledema, 2001). Como con los anteriores naturalistas, Aldrovandi no logró establecer un sistema de clasificación, pero en sus trabajos incluyó descripciones de la anatomía de los animales, de las formas que proponía para capturarlo, su utilización alegórica y su modo de generación, su hábitat y formas de nutrición, atributos que medio siglo después empleará Johannes Jonstonus para esbozar un intento de clasificación (Foucault, 1985). **Johannes Jonstonus** propone una clasificación de los animales cuyos parámetros fundamentales se basan en su forma de vida, en su talla (III 10) y en los lugares donde habita, agrupando de esta forma a los peces en marinos y de agua dulce.

Hasta esta época los estudios realizados en torno al conocimiento de los seres vivos, y más específico a su clasificación, representa para la historia un eslabón de vital importancia en el surgimiento de la biología ya que representa una situación de la cual se origina una ruptura epistemológica en el momento en que aparece en el siglo XVIII la noción propia de clasificación biológica que trae consigo la aparición de un nuevo lenguaje para referirse al ordenamiento del mundo natural (Foucault, 1985)

4.2.4. El surgimiento de los sistemas de clasificación.

Después del conocimiento que había sido acumulado en los siglos anteriores del renacimiento, para Gardner (1968) el siguiente paso lógico era establecer clasificaciones empleando sistemas de ordenamiento, idealización que se hizo prevalente a partir de finales del siglo XVII y que tuvo su mayor dominio durante el siglo XVIII en áreas como la literatura, la teología, el arte y otras áreas del pensamiento así como en la ciencia.

La obra de Newton, *Principia*, (Gardner, 1968) publicada en 1687 fue la llave empleada en el acercamiento a la clasificación. En esta obra se describe al universo como fijo y estático, concepción que se trasladó hasta el mundo biológico por medio de extrapolaciones que dieron como resultado clasificaciones de plantas y animales elaboradas de acuerdo a un sistema preparado e inmutable que persistió hasta la publicación del *Origen de las especies* de Darwin, en 1859.

A cerca del estudio de la naturaleza, Foulcault reconoce a esta etapa como la época clásica de la historia natural, y se presenta en ella un cambio drástico en el manejo de la información y las descripciones realizadas en los dos siglos anteriores, surgiendo el desarrollo de sistemas de clasificación que se establecieron con una mentalidad diferente. El interés por estudiar a los seres vivos, en este momento reconociéndose como tales sólo a las plantas y los animales y sin tener una noción clara de lo que era la vida, tenía como elemento característico el ordenamiento de su diversidad, realizada a través de la asignación de palabras que se acomodaban en la clasificaciones propuestas. La tradición clasificatoria post-newtoniana parte desde los importantes trabajos de Cesalpino, y se enriquece con los trabajos posteriores de John Ray y Willughby en zoología, Tournefort en botánica, Jung, y Lineo.

John Ray (1627-1705) junto con su colaborador **Francis Willughby** (1635-1672) elaboraron una obra que abarcó la clasificación tanto de plantas como de animales, aproximándose muchas veces a una clasificación natural. Su sistema clasificatorio elaborado en torno al mundo vegetal consistió en ordenar a las plantas de acuerdo a su historia que incluía una descripción sistematizada de sus partes, además de su naturaleza y las circunstancias en que habitaban, llegando con este sistema a estudiar la estructura, fisiología y distribución de aproximadamente 18,600 plantas que distribuyó en 125 secciones, de las cuales muchas son reconocidas en la actualidad como "ordenes naturales" (Mieli, 1951). Ledesma, (2001) menciona que en el trabajo botánico de estos investigadores se cita el principio aristotélico de la división lógica de órganos simples y compuestos semejantes y desemejantes, y que se fundamentan también en los trabajos de Cesalpino referentes al ordenamiento de las plantas a

partir de la estructura de los frutos y las semillas e integran a estos criterios la forma de las hojas y las raíces, de modo que las plantas que más se parecieran, según a su juicio, debían agruparse juntas aunque sus semillas fueran diferentes. Posterior a la muerte de Willughby, Ray estudiando la forma de las semillas estableció de forma definitiva la diferencia entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, creando también estas definiciones que representan sin lugar a dudas una importante contribución a la botánica.

Otro naturalista que dejó importantes contribuciones en los sistemas de clasificación fue el alemán **Theodor Klein** (1685-1759) quien realizó una clasificación que agrupaba a ciertos anélidos marinos y algunos moluscos que él denominó tubos marinos, realizó también una clasificación de los erizos de mar con base en la posición de la boca y ano, pero su principal obra fue el trabajo denominado *Tabla general de un método zoológico* que es considerado como muestra de un sistema artificial de clasificación que se alejó del estilo establecido por los sistemas botánicos.

Por otro lado **Joseph Pitton Tournefort** (1656-1708) desarrolló un tipo de clasificación artificial basado en una inadecuada investigación de la forma de las flores y de los frutos en la que negó la sexualidad de la plantas a pesar de hacer sus agrupaciones de acuerdo a la presencia o ausencia de flores así como por el tamaño de las mismas. El principal concepto que maneja Tournefort en su sistema de clasificación fue el de género y para establecerlo incluía un gran número de descripciones que lo llevaban a forma una definición única e indistinguible. Con este pensamiento distribuye aproximadamente diez mil especies en 698 géneros y 22 clases, clasificación que resulta muy exitosa ya que era fácil de aprender y de practicar por lo cual fue sostenida por botánicos franceses con posterioridad.

Pero el naturalista que más destacó en el establecimiento de los sistemas de clasificación fue Carlos Linneo quien sentó las bases de la clasificación y de la nomenclatura modernas, su obra es sin duda parte esencial de conocimiento histórico de la biología debido a las importantes contribuciones que realizó en la clasificación de los seres vivos. Para Linneo el objetivo primordial de la clasificación era revelar el grande e invariable designio de la creación especial, así poniendo como referencia sus estudios después de 1859 se empezaron a realizar trabajos sobre la diversidad de los seres vivos que contemplaron las diferencias y similitudes que se establecían entre éstos como consecuencia de su historia evolutiva.

4.2.4.1. El sistema de clasificación Linneano

El incesante interés puesto en elaborar sistemas de clasificación con el que se encontrara un orden natural de la diversidad viviente representa una concepción del mundo propia del siglo XVIII. Como lo menciona Foucault (1985) se presenta en esta etapa una revolucionaria visión acerca del estudio de los seres vivos, buscando a partir de las fabulosas colecciones de plantas y animales realizadas en los siglos anteriores, establecer un orden que llevará al entendimiento de esta grandiosa diversidad. A partir de los trabajos de Ray, Tournefort, Klein y demás naturalistas la tarea de clasificar fue más allá de realizar interesantes descripciones y representaciones gráficas, y surge el interés por establecer métodos que pudieran separar a los organismos antes estudiados en agrupaciones naturales que dieran cuenta justamente de todos los atributos descritos previamente.

Sumergido en este interés por clasificar se encuentra Carlos Linneo (1707-1778) botánico sueco quien obsesionado por establecer un método con el cual que se pudiera dar orden a cualquier tipo de ser vivo elaboró largas listas de plantas, animales e incluso minerales con la firme intención de encontrar un sistema con el que pudiera clasificarlos.

El método aplicado por Linneo represento para su época un interesante punto de vista, por algunos aclamado y por otros más fuertemente criticado pues puntualizaban que en realidad su sistema de clasificación era simplemente un recopilación de los trabajos de Cesalpino, Ray y Tournefort. Sin embargo el valor que hasta en la actualidad se le da a la obra de Linneo sigue siendo toda una revolución que llevo a establecer las bases de la taxonomía, considerándolo por este hecho como el padre de la taxonomía moderna.

El sistema de clasificación Linneano deja ver por un lado la tradición de la escuela lógica y esencialista, pero por otro aprecia también el principio de plenitud que reflejaba continuidad en la vida (Mayr, 1995). De esta forma su sistema estuvo dominado por dicotomías lógicas (IV 1) que determinaban la formación de grupos que establecidos en niveles que iban desde un rango alto hasta uno inferior o más específico. Esta forma de jerarquización llevo al establecimiento de cuatro niveles categóricos (IV 2) de clasificación que en la actualidad son reconocidos bajo la denominación de Jerarquías Linneanas (IV 3) en la taxonomía moderna, estos niveles de agrupación son: el de clase (IV 4), el de orden (IV 5), el de género (IV 6) y el de especie (IV 7) (Miele, 1951, Mayr, 1995, Ledesma, 2001). Sin embargo en relación a lo mencionado anteriormente es importante mencionar que Linneo no fue el primer autor que reconociera la categoría de género y especie como niveles de agrupación, ya que estos niveles fueron empleados anteriormente por Aristóteles, aunque bajo otras denominaciones como *eidos*

para especie (Papavero *et al.*, 1997) en su obra clasificatoria. Con esto el método propuesto por Linneaus dejaba ver en su trasfondo el empleo del sistema aristotélico de clasificación. Aunque a veces se presentaran algunas desviaciones (Papavero *et al.*, 1994a).

Para algunos autores, La división en géneros y especies es la mejor desarrollada por Linneaus ya que con ella fundamento su sistema binomial (IV 8) de la nomenclatura de los seres vivos en la que muchas de sus divisiones y de los nombres que adoptaron subsisten aún. Mas modificaciones en cambio sufrieron las categorías de clase y orden que fueron creadas bajo la convicción de que las especies eran inmutables y otra habían sido creadas en el primer día, afirmación completamente contraria a lo que se piensa actualmente.

La obra más importante de Carlos Linneo en cuanto a la clasificación fue su *Sistema naturae* en donde considera todo el campo de la historia natural establecido hasta aquel entonces, es decir, los reinos animal (IV 9), vegetal (IV 10) y mineral (IV 11) (Mieli, 195:: Curtis, 1990). Sin embargo el principal interés de este naturalista apuntaba hacia el mundo de las plantas, material con el cual propuso su sistema de clasificación.

Linneo empleó como criterio de clasificación las particularidades de la flor, específicamente en el número de los estambres, de hecho en una de sus obras estableció claramente, fundamentándose en trabajos anteriores, la sexualidad de las plantas, reconociendo en los estambres los órganos masculinos productores del polen, y en los pistilos, ligados al ovario los órganos femeninos, que después de ser fecundados se transformaban en frutos. De esta forma dividió a las plantas en 24 clases, agrupando por ejemplo a aquellas que tenían un solo estambre en la clase monandria, las que tenían dos estambres en la clase diandria, las plantas con tres en la clase triandria etc. Cada una de las clases era a su vez dividida en órdenes de acuerdo con el número de ovarios de la flor, por esta razón a este sistema de clasificación se le conoce como sistema sexual de Linneaus y refleja predominantemente la importancia de la reproducción (Mayr, 1995; Ledesma, 2001).

Después de clasificar a las plantas según sus órganos sexuales Linneo busca extrapolar su sistema al reino animal y mineral con el propósito de establecer un método general de ordenamiento para todos los seres vivos, de esta forma propone establecer a cada especie un nombre formado por dos componentes, el sustantivo que corresponde al género y un adjetivo que corresponda a la especie, estableciendo con ello el sistema de nomenclatura binaria (Ledesma, 2001). En cuanto a los animales logró reconocer las clases de los mamíferos, aves, reptiles, peces, insectos y gusanos, aunque en el área del terreno zoológico se perciben más limitaciones, pues la cuatro primeras clases mencionadas habían sido ya mencionadas por Aristóteles dentro del grupo de las Enaima, en tanto que las dos clases de invertebrados que

reconoció resultan restringidas en cuanto al número de especies incluidas y comparadas también con la propuesta aristotélica, a lo cual es importante considerar que el estudio de los invertebrados fue limitado y deficiente hasta la época de Lamarck (Mieli, 1951, Mayr, 1995).

Este sistema de clasificación permite hacer generalizaciones desde el nivel reino hasta el de especie a manera de que al aumentar el nivel jerárquico, también aumentan los detalles, yendo de lo general a lo particular, de esta forma la clasificación jerárquica se convierte en una forma muy útil para almacenar información (Curtis, 1990).

La clasificación de Linneo resulta extremadamente artificial, pero su valor radica en que fue la primera en la cual todas las plantas conocidas podían fácilmente encontrar su ubicación, de ahí que fue acogida con entusiasmo a pesar de que el propio Linneo reconocía que era más preferible emplear un sistema natural, por lo que en un trabajo subsecuente formó grupos a su parecer naturales, algunos de los cuales efectivamente lo eran y otros en los que había mezclas de ambos, es decir, tanto naturales como artificiales.

Linneo no fue muy notable como investigador científico pero fue para algunos el representante más extraordinario en la clasificación, y en este sentido su influencia fue notable en la historia de la biología, tanto que muchos naturalistas después de él, dejando a un lado otros problemas biológicos limitaron su actividad a la determinar el género y la especie de plantas y animales. Este interés no obstante dio un giro completo a principios del siglo XIX en donde a pesar de que el organismo vegetal o animal seguían siendo el interés primordial y básico, empezó a ser estudiado desde otros puntos de vista ajenos a la clasificación, considerando como nuevos campos de interés los referentes a la fisiología.

4.3. La introducción del pensamiento evolucionista y su influencia en las formas de clasificar: la taxonomía postlinneana.

Durante el siglo XVIII el interés primordial por el conocimiento de la naturaleza estuvo enfocado en su totalidad a la actividad descriptiva de plantas, animales y minerales, con esta situación surgieron varias propuestas de clasificación que a pesar haber aportado importantes avances en materia del ordenamiento de la diversidad presentaban arreglos extremadamente artificiales en los que se empleaban caracteres arbitrarios y escasos que buscaban principalmente una conveniencia clasificatoria más que un arreglo natural.

A principios del siglo XIX los estudios relacionadas con el mundo viviente eran dominados todavía por esta metodología descriptiva cuya meta primordial se dirigía a

establecer sistemas de clasificación, sin embargo es también en esta época cuando empiezan a surgir nuevos intereses en torno al estudio los seres vivos, dando origen a una variedad de puntos de vista que cambiaron la dirección de estos estudios dejando atrás el interés único por la clasificación pero a su vez enriqueciendo más los criterios para realizar este trabajo. De esta forma, la atención hacia el conocimiento de los procesos fisiológicos (V 1) de los organismos, de las relaciones de parentesco (V 2) que se establecen entre ellos y de la anatomía comparada (V 3) de sus estructuras constituyeron nuevos campos que de manera independiente se estudiaron ampliamente pero que en conjunto dieron una nueva orientación a la clasificación biológica. Llegaba con este giro, como lo mencionaba William Lawrence fisiólogo de aquella época, el momento "de explotar el reino descriptivo de los naturalistas y de dejar de ensancharlo perpetuamente con más descripciones" (Coleman, 1983), dando con esta visión lugar a la formación de enumeraciones cada vez más completas y de clasificaciones más precisas y útiles de las especies vivientes reconocidas hasta entonces.

La clasificación biológica del siglo XIX tuvo cambios trascendentales gracias a los nuevos intereses que emergían, pero de especial relevancia se considera la introducción de la idea de un cambio gradual o transmutación (V A11) en los organismos que fue propuesta por Lamarck para debatir el antiguo pensamiento que postulaba que todas las especies de la tierra habían sido creadas en un momento específico y oportuno por un ser supremo (Coleman, 1983). La idea de cambios graduales reorientó el rumbo de la clasificación hacia un arreglo más natural (V 4) con el que se pudiera representar tanto como fuera posible las relaciones reales que se establecían entre los organismos, y al inclinarse hacia este ideal los naturalistas dedicados a la clasificación refinaron más sus categorías clasificatorias, los grupos antiguos y mal definidos se deshicieron y se volvieron a definir en categorías más naturales. Así la unidad miscelánea de los gusanos propuesta desde tiempos de Linneo desapareció para dar lugar a las subdivisiones principales de los invertebrados, los anfibios fueron separados de los reptiles, los percebes de los moluscos y se exploraron más las principales familias de plantas (Coleman, 1983).

Con la propuesta de la transmutación de las especies como la denominará Lamarck o más tarde evolucionista como la reconociera Darwin, se intentaba representar un ordenamiento de la diversidad que buscaba alejarse de las clasificaciones artificiales y proponer arreglos naturales a través de evidencias como los hallazgos paleontológicos (V 5), los estudios embrionarios (V 6) y de los propios conocimientos que se habían realizado con la taxonomía del siglo XVIII (Panchen, 1992), siendo los trabajos de este último siglo los que llevaron a reconocer lo difícil que era trazar una línea divisoria entre dos especies íntimamente

relacionadas, haciendo más obvio que no todos los individuos de una sola especie son exactamente iguales y que entre dos especies bastante diferentes hay a menudo una serie gradual de formas intermedias (V 7), estas concepciones llevaron a suponer la existencia de cambios a partir de un antepasado en común e indiscutiblemente dirigieron el pensamiento hacia un ideal evolucionista.

Así, se desarrollaron clasificaciones bajo la determinación evolucionista que presentaban también un arreglo jerárquico y cuyo ideal era que cada taxón o grupo fuera monofilético, es decir que independientemente de su nivel de categoría debía incluir una especie ancestral común (V 8) así como también a los organismos que descendieran de él, en otras palabras los taxones debían de ser unidades históricas reales, en donde, por ejemplo, un género debía de comprender el antepaso común más reciente y las especies que habían descendido de éste antepasado.

En la actualidad se reconoce que muchas variedades de organismos en la tierra han evolucionado por la modificación de antepasados comunes y por tanto los dedicados a la taxonomía fundamentados como hace mención Panchen (1992) en aspectos como la anatomía comparada, fisiología, embriología, bioquímica e incluso modelos conductuales, están de acuerdo que el método más útil de clasificación general debe reflejar esta relación evolutiva (V 9), reconociendo así la existencia de diversos criterios taxonómicos que en conjunto son reconocidos como patrones de filogenia⁴ (V 10) (Baker, et al., 1970).

De esta forma después del siglo XVIII, y bajo el fundamento de toda una serie de estudios enfocados en el interés por la diversidad de los seres vivos, se marco poco a poco la pauta para pasar de un método tradicional de clasificación marcada por Linneo, hacia un patrón de clasificación interpretado en su totalidad bajo criterios filogenéticos, enmarcados primeramente en los trabajos de Lamarck pero sobre todo y posteriormente en los estudios de Darwin.

4.3.1. La propuesta de Lamarck

Jean-Baptiste de Lamarck introdujo al estudio de la vida el término transformismo o transmutación (V A11), teoría según la cual las especies vivientes derivan de otras a través de transformaciones progresivas (V A12) y con la que se abrió la posibilidad de explicar los parecidos o semejanzas entre especies como signos de descendencia o filiación. Con estos supuestos Lamarck pudo llegar a las nociones de variabilidad (V A13), situación con la cual se

⁴ La filogenia es una teoría que fue propuesta para dar explicación a las clasificaciones naturales, se basa en patrones de evolución y particularmente en la idea de una ancestría en común (Panchen, 1992).

vinculó el problema de la diversidad biológica con la evolución (Laurent, 1976; Barahona, 1998) artículo de Lamarck)

Basado en esta idea, Lamarck propuso un método más eficaz⁵ de clasificación para el problema de la diversidad biológica que se basó en el estudio de las especies análogas⁶ vivientes y fósiles. Realizó así en la taxonomía de los animales una clasificación para los invertebrados (de hecho a él se le atribuye este término) que más que una aportación al ordenamiento en sí de la diversidad, lo llevó a establecer la reflexión de que el arreglo del mundo animal podía explicarse con base en el arreglo de los "animales sin vértebras", porque a partir de ellos podía establecerse una escala progresiva (V A14) en la que se representaba la existencia de los seres vivos a partir de los más simplemente organizados, de aquellos que a penas estaban dotados de animalidad y por los que probablemente había empezado la vida, hasta todos aquellos que por poseer en un alto grado todas las facultades de los anteriores y de gozar además del poder de formar ideas claras y precisas eran considerados como más "perfectos" (Coleman, 1983).

La teoría de Lamarck fue en la historia de la biología el primer trabajo que implicó un pensamiento evolucionista y que además incluía una propuesta de arreglo para los seres vivos que más recientemente Lovejoy (1936, tomado de Panchen, 1992) denominó "la temporalización de la gran cadena del ser" (V B20). Esta escala, según el pensamiento de Lamarck, estaba determinada por dos factores principales, el tiempo y las circunstancias (V A19), que en conjunto determinaban la infinita variedad y riqueza que muestra la naturaleza.

Con su trabajo clasificatorio, Lamarck propuso separar los seres de la naturaleza en vivientes y no vivientes (Valladares, 2002) afirmando con ello la constitución del mundo natural a partir de tres reinos distintos (V A15), los animales (VA 16), las plantas (V A17) y los minerales (V A18), puntualizó también la necesidad de emplear escalas separadas para los animales y las plantas, rechazando por completo la popular idea divulgada en el siglo XVIII de la existencia de especies intermedias entre los reinos llamadas zoofitos (Panchen, 1992)

Con la conceptualización de una escala natural se intentaba explicar el mecanismo por el cual se presentaban los cambios que constituían la marcha que la naturaleza, uniendo la

⁵ Se le reconoce como más eficaz debido a que es considerada como superior a la de Linneo quien consideraba que todos los animales sin vértebras eran insectos o gusanos, además de que erradicó la idea aristotélica de dividir a los animales tomando como criterio principal la ausencia o presencia de sangre roja, proponiendo una clasificación muy similar a la que se utiliza en la actualidad y que esta basada totalmente en las relaciones evolutivas, lo cual lleva a establecer un abismo entre los trabajos de clasificación de Lamarck y los de Linneo (filosofía zoológica).

⁶ Según Lamarck las especies análogas son especies fósiles muy semejantes a las especies vivientes conocidas. Son los organismos que han sido sepultados en las capas geológicas y que no cabe razonablemente distinguir de las que todavía viven en nuestros días. Las reconoció con la finalidad de resaltar las semejanzas existentes entre dos especies pese a pertenecer a periodos geológicos distintos (Laurent).

vida y la materia por medio de la acción de algunas fuerzas internas (el calor y la luz, por ejemplo), dotando a la materia de una actividad que hacía que los organismos reaccionarían ante la acción del ambiente provocando progresos evolutivos, así según cambiaba el ambiente también cambiaba el organismo (Colleman, 1983).

En su clasificación del reino animal Lamarck primeramente planteó la idea de eliminar la distribución de los animales con base en la presencia de sangre roja o sangre blanca, ya que a su parecer estos fluidos no proporcionaban evidencia fiel de una verdadera circulación porque algunos de ellos no circulaban realmente por vasos arteriales ni venosos, y para evitar cualquier equivocación o el empleo de alguna consideración hipotética decidió dividir la totalidad de los animales en dos secciones perfectamente distintas a saber, los animales con vértebras y los animales sin vértebras (Lamarck, 1809)

Respecto a los animales invertebrados y tomando como base las numerosas observaciones realizadas anteriormente en cuestión de la anatomía, de la historia exacta y detallada de las metamorfosis y del conocimiento de las costumbres de una cantidad considerable de estos animales, realizó un reordenamiento con el que surgió un arreglo que estuvo compuesto por diez clases diferentes de animales sin vértebras (en comparación a las dos clases, la de los insectos y la de los gusanos que propuso Linneo) y a las que sumo las cuatro clases de vertebrados provenientes de la clasificación linneana, todas sus clases representaban una serie de masas que constituían una composición creciente en la organización de la naturaleza (Filosofía zoológica).

Aunque las contribuciones de Lamarck no fueron reconocidas sino hasta algunas generaciones más adelante, sus trabajos sin lugar a dudas se consideran de vital relevancia, sobre todo porque a partir de ellos se constituyó toda una nueva forma de orientación para los métodos de clasificación.

4.3.2. La influencia del paradigma evolutivo en la taxonomía

La diversidad biológica explicada desde un punto de vista evolutivo remite su origen a los trabajos realizados por Lamarck a principios del siglo XIX, sin embargo no es sino hasta Darwin cuando gracias a sus nociones sobre la selección natural se reconoce como tal el proceso evolutivo, que sostiene que los organismos atraviesan por distintos mecanismos de mutaciones aleatorias sucesivas y que aquellos individuos mejor adaptados a estos cambios son los que podrán sobrevivir (Brusca, 1990). En la actualidad, las teorías modernas de la evolución se basan en alguna idea de transmutación, a pesar de que puedan diferir en cuanto a los

mecanismos por los cuales una especie pueda ser modificada para convertirse finalmente en otra (Baker *et al.*, 1970).

Con la aceptación del proceso evolutivo se empieza a contemplar a los organismos como consecuencia de su historia evolutiva (V B21) y con ello, las clasificaciones de los seres vivos basadas en esta idea procuraron cumplir dos funciones distintas, por un lado proveer métodos útiles para catalogar (V B22) a los organismos, y por otro reflejar el curso de los cambios evolutivos (V B23) que presentan a través del tiempo (Brusca, 1990).

La tarea clasificatoria vista desde la perspectiva evolutiva se fundamenta principalmente en aspectos geológicos y anatómicos, siendo estos últimos de importancia representativa para la taxonomía ya que de ellos se desprenden criterios filogenéticos con los que se establecen relaciones de ancestría (V B24). En tiempos actuales en realidad se han introducido pocas modificaciones a las clasificaciones elaboradas con patrones evolutivos, a los organismos se le sigue agrupando de acuerdo a sus similitudes morfológicas y de otras clases, pero incluso desde Aristóteles se reconoció que las similitudes superficiales no eran criterios taxonómicos útiles porque éstas características en la mayoría de las veces no representaban una verdadera relación sólo por el hecho de ser muy semejantes entre sí, Linneo por ejemplo, clasificó a las ballenas con los mamíferos y no con los peces a pesar de sus similitudes externas (Curtis, 1990)

En estos términos la anatomía comparada como fundamento de las clasificaciones que emplean la concepción de los cambios graduales, hace énfasis entre las similitudes y diferencias de estructuras anatómicas de dos o más especies a través del reconocimiento de estructuras homólogas y análogas (V B25). Las primeras reflejan características básicas comunes pero llevan a cabo funciones diferentes, mientras que las segundas se utilizan para propósitos similares, pero no están necesariamente construidas bajo el mismo plan anatómico. Los sistemáticos posdarwinianos trazaron clasificaciones considerando el origen de éstas similitudes y diferencias, y en general actualmente la determinación de homología y analogía son empleadas para establecer relaciones filogenéticas y dar cuenta del grado de divergencia que hay entre dos formas relacionadas (Baker, 1970).

Con la introducción del paradigma evolutivo a la práctica taxonómica surgieron modificaciones muy marcadas a los métodos de clasificación. Se puede mencionar entre ellas el abandono definitivo de la utilización de caracteres no homólogos, así en esta propuesta de clasificación se utilizan solo homología debido a que se postula que estas características descienden directamente de un progenitor común. Con el pensamiento evolutivo se introduce también la idea de la ausencia de caracteres, es decir, que ciertas partes pudieron haber

desaparecido con el curso de la evolución, y que otras probablemente surgieron como novedades evolutivas en regiones del cuerpo de un organismo donde antes no existían esas partes.

Con el evolucionismo cesó el esencialismo aristotélico en la taxonomía, pues en esta representación no se aceptan más las "esencias inmutables", y se reconoce que los estados de los caracteres cambian con el tiempo, es decir que un estado anterior en el tiempo genera nuevos estados morfológicamente distintos al posterior en el tiempo, así los estados de un mismo carácter forman una cadena temporal, reconocida bajo el nombre de serie de transformación evolutiva.

Otra cuestión importante resultado de la introducción del paradigma darwiniano es que la taxonomía ahora es distinta cuando se aplica a objetos no vivos (V B 26) y cuando se aplica a organismos vivos (V B27). La teoría evolutiva postula que estos últimos difieren de los primeros por tener una comunidad de descendencia (V B28), por lo tanto la taxonomía evolutiva se aplica solamente a conjuntos de objetos vivos, mientras que tanto la taxonomía aristotélica como la linneana se aplica tanto a seres vivos como a seres inertes (Papavero *et al.*, 1997)

La nueva orientación que se le otorgó a la clasificación de los seres vivos exponía así una red de interrelaciones que constituían en conjunto la naturaleza orgánica. Con el pensamiento evolucionista se abandonó el antiguo arreglo basado en la visión que suponía que todas las especies eran creación de un ser supremo y se abrió camino a una nueva forma de pensar que revelaba el intrincado e interconectado poder de la naturaleza.

Finalmente con la aceptación de la evolución se dieron por reforzados los criterios filogenéticos para la clasificación, con los cuales se buscaba establecer las relaciones de parentesco entre los organismos a clasificar. Más recientemente, en 1970, la clasificación realizada bajo criterios evolutivos tomó gran fuerza, surgiendo con ello posturas que justificaban los métodos antes mencionados, de estos estudios cabe destacar los realizados por Mayr en 1952 y posteriormente los de Simpson en 1961.

4.4. Métodos taxonómicos de clasificación

Ya en el siglo XX, el ordenamiento biológico presentaba un abandono casi total de la tradicional subjetividad empleada en los métodos clasificatorios. Los arreglos basados en conocimientos empíricos o en suposiciones divinas y fantásticas quedaron atrás, incluso, desde el inicio del siglo XIX, y en su lugar aparecieron criterios formulados a partir de un pensamiento evolutivo, que en la década de los sesenta obtuvo gran dominio en el escenario de la clasificación.

La ideología evolutiva marco un cambio completo, los criterios de ordenamiento presentaron un carácter más objetivo, que tiempo más tarde era reclamado como regla primordial para realizar clasificaciones. Con el pensamiento evolutivo se desarrollaron técnicas clasificatorias (VI 1) en las que la evidencia fósil (VI 2) y la comparación de estructuras análogas y homólogas constituían los principales criterios para sistematizar. No obstante, a la par del enfoque evolucionista surgieron también otras posturas que al igual que la visión evolutiva trataban de dar otras alternativas a la clasificación. Para algunos autores, por ejemplo Mayr (1995) y Simpson (1961), el nacimiento de dichas posturas estableció la llegada de perspectivas más objetivas en la elección de criterios empleados para clasificar, sin embargo las recién bases reorganizadas de la clasificación biológica lejos de llegar a instaurar una unificación de estos criterios, se convirtieron en una de las más arduas y polémicas controversias de la biología, ya que discrepaban significativamente en los fundamentos filosóficos a aplicar.

La delimitación de las filosofías clasificatorias desarrolladas a partir de la adopción de alguna postura específica resultó también ser objeto de debates, en los que se proponían y discutían los diversos métodos empleados para clasificar. Por ejemplo Mayr, a finales de la década de los sesenta publicó en su trabajo *Principios de sistemática zoológica* que existían cinco teorías de la clasificación: el esencialismo, fundamentado en la filosofía aristotélica, el nominalismo, el empirismo, el cladismo y la clasificación evolutiva. Por su parte Crisci (1970) dividió a las filosofías clasificatorias en cuatro líneas distintas: el esencialismo, el cladismo, el evolucionismo y el fenetismo. Más recientemente Brusca (1990) reconoce sólo tres filosofías de sistemática biológica: la escuela fenetista o taxonomía numérica, la escuela cladista o taxonomía filogenética y la escuela ortodoxa o de taxonomía evolutiva, cuya exigencia de objetividad en el ordenamiento de la vida las llevó a considerarlas como áreas más rigurosas, por lo que hoy en día son reconocidas como las principales filosofías de la sistemática biológica.

Por otra parte es también importante mencionar que en este periodo se hace explícita la distinción entre "taxonomía" y "sistemática", conceptos que indiscriminadamente eran designados para describir y clasificar la diversidad de la naturaleza, por lo que hasta principios del siglo XX habían sido considerados como sinónimos. A este respecto Simpson (1961, tomado de Mayr, 1995) definió a la sistemática como el estudio científico de las clases y diversidad de organismos, así como también de las relaciones que se establecen entre ellos. Para Quicke (1993) la sistemática es un tópico del cual la taxonomía es solamente una parte, de esta manera abarca a la taxonomía tradicional más la adición de aspectos teóricos y

prácticos de evolución, genética y especiación. La sistemática vista desde esta perspectiva se convierte en una herramienta indispensable para identificar separadamente el estudio explícito de las relaciones evolutivas entre los organismos.

Por otro lado, el término taxonomía se emplea para definir el estudio teórico de la clasificación considerando sus bases, principios y reglas a través del estudio de un intervalo de diferentes tareas que incluyen la descripción y nombramiento de nuevos taxa, el arreglo de organismos dentro de un conveniente sistema de clasificación y la construcción de sistemas de identificación para grupos particulares de organismos (Hawksworth y Bisby, 1988 tomado de Quicke, 1993). El objeto de estudio de la taxonomía son en sí las clasificaciones, por lo tanto con ella se trata de explicar cómo se clasifica y cómo se determina (Crisci, 1970).

La llegada del siglo XX representa una etapa crucial en la historia de la biología y específicamente en la estructuración de la sistemática y taxonomía modernas, debido a que en él se recapitulan y analizan los trabajos sobre la clasificación realizados en otras épocas y al mismo tiempo se trata de determinar dónde emergen nuevos estudios que se mezclaron con los anteriores, dando lugar a una rica base de fundamentos para los métodos y sistemas de clasificación actuales.

La formulación de las filosofías clasificatorias que se reconocen en este momento están constituidas de esta manera, por tanto el análisis de sus antecedentes y la escuela de la cual surgieron son revisadas brevemente en los apartados siguientes.

4.4.1. Escuela Fenética o Taxonomía Numérica

Aunque el inicio de la filosofía fenética o también conocida como taxonomía numérica (VI 3) pueda ser trazado desde los primeros trabajos clasificatorios, una serie de estudios realizados por tres grupos de personas a finales de 1950 establecieron el origen del fenetismo como una escuela taxonómica. Estos tres grupos estuvieron representados por Michener y Sokal en 1957, Sneath también en 1957, y Cain y Harrison en 1958, pero fue hasta 1963 cuando gracias a la publicación de *Principes of Numerical Taxonomy*, trabajo desarrollado por Sokal y Sneath, que se establecen y popularizan los principios de la escuela fenética (Panchen, 1992; Quicke, 1993; Mayr, 1995).

En la taxonomía numérica se distinguen dos aspectos, por un lado una filosofía que sostiene que las clasificaciones deben basarse exclusivamente en la similitud fenética⁷ de los

⁷ Se entiende por fenético cualquier carácter utilizable en la clasificación, incluyendo los morfológicos, fisiológicos, ecológicos, etológicos, moleculares, anatómicos, citológicos etc (Crisci, clasificación biológica)

organismos y por otro, el uso de técnicas numéricas que consisten en la aplicación de procedimientos matemáticos para numerar y codificar los criterios empleados para clasificar. El método fenetista busca cuantificar los grados de similitud para con ello convertir una taxonomía cualitativa y subjetiva en una taxonomía numérica totalmente objetiva, en la que el aspecto más importante es el de reemplazar la capacidad de la mente humana por operaciones mecánicas efectuadas con el apoyo de programas de computación que tabulen e inspeccionen las similitudes morfológicas de los organismos a clasificar (Mayr, 1995)

La filosofía básica de la taxonomía numérica es el argumento de que no es posible conocer con exactitud cual de varias ramas filogenéticas representa correctamente la historia de un organismo, es decir que no se puede describir realmente cual fue el proceso que participó en la evolución de un grupo particular (Brusca, 1990), por tanto, apartándose de un criterio evolutivo, el fenetismo busca aplicar medios matemáticos para identificar numéricamente características en los organismos que ayuden a designarlos dentro de un grupo específico.

La escuela fenetista evita las consideraciones ancestro-descendientes y se basa exclusivamente en el uso de similitudes fenotípicas (VI 4) (por ejemplo características morfológicas de partes del cuerpo o inclusive estructuras celulares) que según este pensamiento son un reflejo de la similitud genotípica, en otras palabras esta filosofía sostiene que las características fenotípicas de un organismo representan el genoma del mismo (Brusca, 1990). Para la idealización fenetista la clasificación es una ciencia empírica, donde la experiencia sensible tiene el papel preponderante y por lo tanto es libre de inferencias genealógicas.

Los fenetistas llaman a los grupos de organismos de apariencia similar Unidades taxonómicas operacionales (OTUs), con sus procedimientos tienden a agrupar organismos por la ausencia o diferencia de caracteres. Los criterios seleccionados se analizan en forma de datos por uno o más programas de computadoras que agrupan a las OTUs de acuerdo a similitudes o diferencias. Los resultados de un ordenamiento fenético son generalmente representados en un diagrama llamado fenograma, que es un árbol en donde los puntos originales (OTUs) son conectados, en estos árboles se mide la distancia taxonómica entre dos OTUs que puede ser transcrita como afinidad entre los individuos pero esta afinidad no precisamente representa una relación genealógica (Panchen, 1992; Quicke, 1993). Sin embargo el fenograma puede ser transformado dentro de una misma clasificación, ya que en su construcción el uso de diferentes programas operativos pueden utilizar de forma distinta los criterios seleccionados, no estableciendo así una guía lo suficientemente clara para determinar

el nivel de similitud o diferencia para determinar niveles categóricos en la clasificación (Brusca, 1990)

Idealmente en un arreglo basado en los principios de la fenética numérica a todos los caracteres seleccionados se le da el mismo peso, es decir que todos los caracteres son equivalentes y por tanto tienen la misma importancia para la clasificación, pero a este respecto algunos autores reconocen que cada uno de los caracteres seleccionados proporcionan información diferente sugiriendo con ello la existencia de "pesos filéticos", idea que anteriormente ya había reconocido Darwin al afirmar que diferentes caracteres contienen distinta información, y por tanto diversas clasificaciones pueden resultar de la mezcla de diferentes caracteres (Mayr, 1995).

De manera concreta y considerando todos los aspectos anteriores se puede decir que la filosofía fenética se basa en los principios siguientes:

- Las clasificaciones deben llevarse a cabo utilizando un gran número de caracteres, que deben de ser tomados de todo el cuerpo de los organismos y de su ciclo vital⁸.
- Todos los caracteres utilizados tienen el mismo peso o importancia en la formación de los grupos.
- En cada uno de los caracteres utilizados en la clasificación, la similitud total entre dos entidades es la suma de las similitudes.
- Los grupos o taxones a formar se reconocen por una correlación de caracteres diferentes.
- El número de taxones establecidos en cualquier intervalo es arbitrario, pero una vez establecidos se debe continuar con el mismo criterio en todo el grupo bajo estudio.

Muchos científicos cuestionaron el proceso de la taxonomía numérica como un método para clasificar, justificando la subjetividad (que según los fenetistas trataron de erradicar) del manejo de sus datos, y a mitad de la década de los setenta la popularidad de esta escuela declinó considerablemente, por una parte porque la manipulación de datos en programas de computadora utilizados por los fenetistas a pesar de utilizar el mismo grupo de datos daban como resultado diferentes fenogramas y por otra porque los fenogramas tienden a generar grupos polifiléticos porque no consideran caracteres convergentes ni homologías evolutivas.

Para esta teoría es imposible llevar a cabo clasificaciones que expresen o sean consistentes con la filogenia, debido a que, según su criterio, se conocen pocos detalles de la historia evolutiva de la mayoría de los organismos. Al decir de los fenetistas, en muchos grupos de organismos, la falta de fósiles o de otro tipo de evidencias hace que todo conocimiento sobre

⁸ Sin embargo es necesario señalar que algunos sistemáticos practican una clase de "fenetismo atemperado", no-numérico, de pocos caracteres que generalmente son morfológicos (Crisci, 1970).

la genealogía sea altamente especulativo o inexistente. Es muy importante destacar que el fenetismo no cuestiona la teoría de la evolución, ni por supuesto la existencia de una genealogía de los organismos, simplemente excluye del proceso clasificatorio la información filogenética. Finalmente, para el fenetismo el estudio de la filogenia es válida una vez concluida la clasificación del grupo, pero no descarta la posibilidad de realizar clasificaciones que basadas en sus principios reflejen en parte relaciones genealogías.

4.4.2. Escuela Cladista o Taxonomía Filogenética

La propuesta de esta escuela taxonómica fue motivada por las mismas razones que se planteó en la edificación de el pensamiento fenetista: eliminar los métodos subjetivos y arbitrarios impuestos anteriormente en la clasificación.

El origen del fenetismo como una escuela taxonómica se asocia a la conjunción de varios trabajos que convergieron finalmente en el establecimiento de los principios de esta filosofía. Contrariamente, el origen del cladismo (VI 5) se asocia a la realización de los trabajos de un solo hombre; el entomólogo alemán Willi Henning, quién publicó en 1950 su primer tratado sobre sistemática filogenética y al que sin embargo no se le prestó la atención suficiente sino hasta ser traducido al inglés primero en 1966 y posteriormente en 1968 (Panchen, 1992). En estas traducciones se vislumbra el interés de Henning por comprender la filogenia de los insectos y se rescata también la importante revisión que hizo sobre su taxonomía basada en estos criterios.

La contribución vital de Henning a la sistemática moderna fue el énfasis que puso en la reconstrucción de las relaciones filogenéticas (que a su juicio consistían en una secuencia de dicotomías que representaban la división de especies emparentadas en dos especies hermanas (Mayr, 1995) basadas en estructuras derivadas y una metodología surgida a partir de este interés reconocida como sistemática filogenética porque sus principios son capaces de revelar las relaciones evolutivas entre los miembros de un grupo o taxón.

De acuerdo a Henning, las clasificaciones debían basarse exclusivamente en la genealogía (VI 6) de los individuos, esto es en la ramificación de sus patrones de filogenia. Sus trabajos hicieron aparente la simple aserción de que las clasificaciones podrían reflejar la historia evolutiva de un grupo y con ello considerar lo que podría haber pasado con las características actuales del estado de un carácter durante la evolución (Quicke, 1993). Así este autor propuso que durante la evolución el estado de los caracteres puede ser de dos formas distintas; primitivo (estado plesiomórfico) o derivado (estado apomórfico).

En el sentido estricto de la homología, los cladistas dan un peso importante al reconocimiento de estos estados. Las apomorfías restringidas a una sola especie son referidas como autoapomorfías, y las apomorfías que se presentan entre dos o más especies o incluso entre otros taxa son llamados **sinapomorfías**, la identificación de sinapomorfías o caracteres derivados constituyen la evidencia más significativa del cladismo ya que con ellas se reconocen las relaciones evolutivas en los organismos estudiados. Las sinapomorfías son representadas como homologías heredadas de un ancestro común inmediato, todas las homologías pueden ser consideradas como sinapomorfías (Panchen, 1992; Brusca, 1990)

El objetivo del método cladista es el de producir hipótesis de relaciones genealógicas considerando grupos monofiléticos es decir, que todos sus miembros compartan entre sí un antecesor común más reciente que cualquier otro miembro de algún otro grupo de igual rango de organismos, como una metodología sistemática el cladismo se basa enteramente en la existencia de un ancestro en común. Esta teoría sostiene que la clasificación biológica debe basarse en la filogenia de los organismos, de ahí que se conozca también como el enfoque genealógico.

Los criterios para aplicar el método cladista consisten primeramente en identificar caracteres homólogos en los organismos estudiados (Quicke, 1993), posteriormente determinar el estado primitivo (es decir el más cercano al origen) contra el más evolucionado y establecer entre estos caracteres los que presentan convergencia, evolución reticulada o reversiones para descartarlos, las determinaciones de las tendencias evolutivas en los caracteres se basan en estudios del grupo o de los grupos afines (Crisci, 1970; Quicke, 1993). En seguida se forman grupos con base en la posesión de caracteres evolucionados en común, al monofiletismo y a la cercanía temporal con un antecesor común, finalmente con el análisis de los caracteres se construye una representación de los grupos llamada cladograma donde se establece a través de ramificaciones la secuencia de estos caracteres así como también su posición relativa en el tiempo, este paso se concreta con la ayuda de los caracteres elegidos y de fósiles. La categoría taxonómica, de acuerdo con la jerarquía linneana asignada a cada grupo está en relación directa con su desprendimiento en el tiempo de otra línea evolutiva (ramificaciones) (Brusca, 1990).

En el cladograma se representa el origen o secuencia de la aparición de caracteres derivados (sinapomorfías), y estas a su vez funcionan como marcas que identifican con una dicotomía sitios específicos del árbol genealógico donde aparece un nuevo taxón. Cada dicotomía produce un nuevo par de taxa derivados llamados "taxones hermanos". Generalmente los cladistas convierten sus cladogramas directamente en esquemas de

clasificación, ya que a partir de ellos se formulan hipótesis o predicciones de las relaciones evolutivas (en este caso las relaciones con un ancestro en común) que permiten entablar relaciones de parentesco.

Para los cladistas la filogenia consiste en una ramificación genealógica expresada en un cladograma, la idea básica de esta teoría es que la clasificación pueda expresar justamente estas relaciones filogenéticas teniendo en cuenta las ramificaciones de su árbol genealógico, que por su puesto es necesario construir antes de la clasificación.

4.4.3. Escuela Evolucionista o Taxonomía Ortodoxa

La filosofía evolucionista de la clasificación biológica es reconocida también bajo la denominación de taxonomía ortodoxa (VI 7), ya que sus estudios y formulaciones se han ido construyendo a través de un largo y lento desarrollo que ha seguido las líneas de pensamiento de la taxonomía tradicional formuladas desde los trabajos de Linneo hasta la emergencia de nuevas síntesis taxonómicas ya en el siglo XX, sin dejar pasar, evidentemente, las contribuciones de Darwin y Wallace sobre la teoría de la selección natural.

El principio básico de la taxonomía evolutiva se fundamenta en la teoría de la evolución a través de la selección natural (Brusca, 1990), y considera dos procesos independientes; el aislamiento reproductivo y la divergencia de caracteres. Esta escuela parte de la idea de que como resultado de la velocidad de la evolución (VI 8), entre dos taxones emparentados se presentan intervalos de caracteres que originan especies intermedias entre ellos, con el análisis de estos intervalos se trata de hacer evidente la distancia genética (Panchen, 1992) que hay entre dos taxones, por eso su aproximación esta basada en el desarrollo de poblaciones genéticas.

Contrario a lo sucedido en la taxonomía fenetista, la escuela evolucionista otorga diferentes pesos a las características empleadas en la clasificación, esto implica un cierto grado de subjetividad debido a que estas características son sometidas a evaluaciones que se cuestionan por el alto grado de intuición con que son propuestas.

A diferencia de la escuela cladista, la taxonomía ortodoxa constituye un enfoque ecléctico que combina varios criterios con la información genealógica para realizar agrupaciones. El cladismo expresa enteramente en la clasificación la filogenia, mientras que el evolucionismo sostiene que la clasificación debe ser consistente con la filogenia, y representar a su vez otros factores tales como el grado de diversificación y divergencia en términos de similitud (Crisci, 1970; Brusca, 1990), esta consideración conduce involucrar en los criterios de

clasificación otras características de los grupos que se pretendan clasificar como aspectos ecológicos, de distribución y de morfología, con los que según Mayr (1995) se busca explicar como a pesar de que grupos determinados sean taxones hermanos a través del tiempo pueden diferir drásticamente debido por ejemplo a la invasión de nuevos nichos o a la adaptación a una zona específica.

Para los taxonomista ortodoxos la historia genealógica de un organismo, así como la divergencia de sus características, constituyen el reconocimiento de nuevos y distintos rangos categóricos, por esta razón en la construcción de sus esquemas de clasificación no intentan solamente representar las ramificación de sus líneas filogenéticas sino también su subsecuente divergencia (Mayr, 1995), manifestando tanto como sea posible todos los aspectos de la evolución del grupo o individuo en cuestión.

Un punto manifestado en contra de la metodología ortodoxa es el cuestionamiento de que sus clasificaciones están basadas en hipótesis que se construyen de la intuición y "experiencia" de los clasificadores, dando a sus esquemas clasificatorios expresiones extremadamente ambiguas que no dejan bien en claro la ruta seguida por los procesos evolutivos.

Después de haber revisado y discutido los principios de cada una de las escuelas taxonómicas, se hace evidente que en cada postura se reconocen y manejan atributos que reflejan de alguna u otra manera propuestas que contribuyen en el ordenamiento de la diversidad biológica, sin embargo es importante puntualizar de que lejos de ser consideradas como filosofías opuestas, podrían ser utilizadas complementariamente como recursos con los que se obtengan criterios de diversa índole para realizar clasificaciones, de hecho esta idea ha sido empleada ya por algunos taxónomos (Brusca, 1990; Mayr, 1995) que han combinado dos o tres metodologías en sus trabajos.

Brusca (1990), hace una comparación de las tres escuelas taxonómicas considerando los criterios que emplean para realizar sus clasificaciones que se expone a continuación:

Cuadro 4.1. Comparación de los métodos taxonómicos (Tomado de Brusca, 1990)

Escuela Taxonómica	Fenestista	Cladista	Ortodoxa
Atributo			
Relaciones representadas en dendogramas	Similitudes y diferencias	Genealogía	Genealogía más similitudes y diferencias (relaciones genéticas)
Similitud evolutiva	Todas las clases usadas	Solo apomorfias	Todas las clases usadas
Peso de caracteres	No empleado	Generalmente no empleados	Empleados
Homologías	No se consideran	De importancia primaria	Importantes
Fósiles	No usados	Considerados pero en general no tienen más importancia que los organismos vivos.	muy importantes
Datos ecológicos y evolutivos	No usados	Raramente empleados	muy importantes
Velocidad de evolución	No considerada	No considerada	Muy importante

4.5. Otra línea de estudio emergida durante el siglo XIX: el descubrimiento del mundo microscópico.

A partir del siglo XIX el conocimiento biológico denotó un continuo crecimiento, a pesar de irse construyendo a partir de etapas críticas de las cuales surgieron nuevos intereses a investigar, uno de éstos fue sin lugar a dudas la idea de cambio o transmutación, línea a través de la cual el desarrollo de la clasificación biológica manifestó, como se mencionó en los apartados anteriores, grandes aportaciones punteadas por la introducción del pensamiento evolutivo dentro de las tareas clasificatorias y cuyo camino a través del análisis histórico pudo ser trazado de manera natural y de alguna forma casi lineal. Sin embargo casi paralelamente al desarrollo de la teoría evolutiva se empezó a entretener otro interés que perfiló por si solo su propia ruta y a partir de la cual se constituyeron cuestiones específicas de investigación. Este otro interés está conformado por toda la línea de estudio desatada por el descubrimiento del mundo microscópico, que en términos del arreglo de la diversidad biológica puede traducirse como uno de los principales elementos que junto con el pensamiento evolutivo constituyó uno de los principales criterios para establecer los sistemas de clasificación a lo largo de la historia del desarrollo de las clasificaciones biológicas.

Durante mucho tiempo la división de los seres vivos en dos reinos (las plantas y los animales) propuesta desde las clasificaciones de Aristóteles, Teofrasto y Linneo fue el núcleo alrededor del cual se desarrollaron un importante número de arreglos biológicos, representando parte importante de las clasificaciones formales del siglo XVIII. Esta forma de ordenamiento funcionó relativamente bien con los organismos multicelulares (VII 1), visibles a simple vista,

pero no así con la diversidad de seres unicelulares (VII 2), nivel orgánico que presentaba grandes dificultades para poder ser clasificados dentro de uno u otro reino.

En este sistema de dos reinos, las plantas y los animales básicamente eran identificados por dos procesos concretos: la movilidad y el tipo de nutrición (Whittaker, 1979). Las plantas se reconocían por ser fijas y obtener sus alimentos directamente de las sales minerales del suelo o de la atmósfera, y los animales se reconocían en general por su movilidad y por obtener su alimento ingiriendo presas. A partir de esta conceptualización los hongos macroscópicos, por ejemplo, eran considerados parte del reino vegetal debido a sus aparentes "raíces" que denotaban por un lado una capacidad fotosintética y por otro una forma de crecimiento similar a las plantas.

La diversidad microscópica representó para el sistema de dos reinos un factor limitante que orilló a la modificación de los métodos tradicionales de clasificación, sobre todo porque representaba grandes controversias que no le permitían ajustarse razonablemente dentro de este sistema.

En el arreglo dicotómico planta-animal los seres unicelulares que presentaban movilidad y que ingerían alimentos eran identificados como animales unicelulares y los organismos también unicelulares pero no móviles y fotosintéticos se reconocieron como plantas unicelulares. Además existían otros igualmente microscópicos que no presentaban movilidad pero que se alimentaban a través de la ingesta de alimentos, o al contrario, que fotosintetizaban y además se movían. Estas dos últimas variedades fueron las que presentaron más problemas para ser clasificadas ya que representaban por sí solas una mezcla que no podía ser arreglada ni con las plantas ni con los animales.

Una posible solución planteada para esta situación fue establecer un sistema de múltiples reinos (VII 3) en donde se separara a los organismos unicelulares de los multicelulares. A partir de esta idea surgieron interesantes propuestas en donde se sugerían diferentes números de reinos para dar orden al mundo vivo, una incluso llegó a considerar en su arreglo hasta 13 reinos distintos (Margullis y Schwartz, 1985.). A través de la de la continuidad de los criterios clasificatorios adoptados por estas propuestas puede vislumbrarse la línea de pensamiento que se siguió para establecer una de las propuestas que más se ha distinguido por haber alcanzado una amplia aceptación durante las últimas décadas: el sistema de cinco reinos planteado por Robert H. Whittaker (1924-1980) en 1959. En este punto es importante remarcar que la mayoría de las propuestas contemporáneas relativas al ordenamiento en reinos no se basan en la historia evolutiva de los grupos sino más bien en la organización celular y en el modo de nutrición de los organismos (Curtis, 1990).

Así, a mediados del siglo XIX con la observación microscópica de organismos como las bacterias y los hongos surge la idea de considerar un tercer reino en la constitución del mundo vivo, este reino estaba representado por los seres vivos microscópicos en general, que en conjunto con las plantas y los animales conformaban un arreglo erigido por tres reinos. Ernest Haeckel, difusor de la teoría evolutiva de Darwin, hizo varias propuestas para la creación de este tercer reino, en su ordenamiento el factor limitante era representado justo por los organismos microscópicos (VII 7), pero la afinidad invariable de separar a las plantas y a los animales de los organismos más "primitivos y ambiguos" era claramente notada. En su tercer reino, al que Haeckel denominó protista (Whittaker, 1979), se incluyeron todos los organismos microscópicos considerados por su constitución seres inferiores, y dentro de este mismo reconoció a las bacterias y a las algas cianofíceas como un subgrupo especial al que llamó monera, que se distinguía del resto de los organismos por carecer de un núcleo celular (Margullis, 1985).

Con el surgimiento de nuevos datos se manifestaron claras diferencias y similitudes entre los organismos unicelulares y multicelulares, más tarde, gracias al perfeccionamiento del microscopio y a la aplicación de técnicas bioquímicas que revelaron afinidades fundamentales y diferencias a nivel subcelular, se llegó a la determinación de que la división más importante entre los seres vivos no debía realizarse a partir de la observación de organismos multicelulares, sino a partir de la constitución de los organismos unicelulares. Con esta determinación a partir de la década de los sesenta quedó claro que la distinción fundamental de la diversidad biológica se situaba no entre los vegetales y los animales sino dentro del grupo de los microorganismos con base a los cuales se reconocieron dos grupos importantes: los procariontes (VII 5) y los eucariontes^{9 10} (VII 6) ambos diferenciados tanto en su estructura celular (VII 4) como por su comportamiento bioquímico, justificando con ello la ubicación de los procariontes dentro un reino aparte. (Curtis, 1990)

Los reinos definidos en estos términos se basan esencialmente en la condición celular que se relaciona íntimamente con la diferenciación somática que puedan llegar a desarrollar los

⁹ Esta diferenciación fue señalada los años veinte por el biólogo francés Edouard Catón a quien se le atribuye también la creación de estos dos términos. Su distinción sin embargo empezó a ser aceptada a partir de la década de los sesenta después de las publicaciones del bacteriólogo canadiense R. Y. Stanier.

¹⁰ Los procariontes son seres vivos cuyas células no poseen un núcleo celular, muchos son organismos unicelulares y de pequeñas dimensiones, este grupo está representado por las bacterias, sin embargo hay procariontes pluricelulares como las llamadas algas verde-azules o cianofíceas que son organismos filamentosos a menudo coloreados por un pigmento azul llamado ficocianina, estos organismos se desarrollan en el suelo, océanos y aguas dulces y en algunas ocasiones son capaces de colonizar hábitats extremadamente inhóspitos como los desiertos o aguas muy calientes. Por otro lado, los eucariontes son seres vivos cuyas células están dotadas de núcleo celular, pueden ser unicelulares o pluricelulares (Margullis y Sagan, 1985).

organismos que los conforman. De esta forma se reconoció que las células procariontes generalmente son más pequeñas que las eucariontes, tienen una estructura más simple que éstas aunque su bioquímica no necesariamente es más sencilla, su ADN no está organizado en cromosomas porque no está combinado con proteínas y no está dotado de una membrana que lo separe del resto de la célula, (Margullis, 1985), los organismos procariontes pueden llegar a formar colonias pero nunca tejidos, es decir en ellos no hay diferenciación celular. Las células eucariontes pertenecen tanto a organismos unicelulares como a multicelulares, estas células contienen siempre orgánulos distinguibles de sus entornos intracelulares, poseen un núcleo que está separado del resto de la célula por una membrana y el DNA contenido en él está fuertemente enrollado con proteínas formando cromosomas, los organismos con células eucariontes presentan una evidente diferenciación tisular (Whittaker, 1979; Margullis, 1985).

A partir de las limitaciones observadas en el sistema de clasificación de dos y tres reinos, y a la condición de agrupar a los seres vivos a partir de sus características celulares, Herbert F. Copeland (1902-1968) sugiere un sistema en el que se propuso un arreglo de los seres vivos en cuatro reinos distintos, y en el cual se presentan notables avances con respecto a las propuestas anteriores. Originalmente dentro del reino protista se consideraba a los monera como un subreino, en su arreglo Copeland decide considerarlos un grupo independiente otorgándoles la categoría de reino (Whittaker, 1979). Las razones presentadas para realizar esta separación básicamente se componían de las diferencias encontradas en estructuras subcelulares como los plastos, las mitocondrias, la membrana nuclear y en la división celular por mitosis. Así, en la perspectiva de los cuatro reinos, las bacterias no son consideradas como plantas ni tampoco como un camino evolutivo que pudiera haberlas originado, igualmente que a las algas verde-azules que son separadas de ellas debido a su organización celular. Copeland reconoce para el reino monera un solo phylum, y no hace mayor discusión al referirse a los reinos plantae y animalia.

El cuarto reino propuesto en este sistema de Copeland es el de los Protoctistas, constituido por organismos eucariontes unicelulares y multicelulares que no presentan una avanzada diferenciación celular. En esta agrupación se reúnen cinco phyla representados por organismos muy diferentes (algas, protozoos y hongos), de esta forma, las algas rojas y verdes, los dinoflagelados y euglénidos, así como los hongos inferiores y los superiores fueron reunidos en este conjunto único, cuya heterogeneidad hizo considerarlo más que un reino toda una confederación de organismos que excluía solamente a las plantas, los animales y a los monera.

La organización del reino protocista hizo evidente el difícil trazo de separación establecida entre los organismos de este reino y el resto de los seres vivos superiores, a pesar de que ambos grupos son considerados eucariontes, el principal criterio para delimitar a estos organismos se fundamentaba en los diferentes tipos de nutrición presentes en la naturaleza; así la fotosíntesis al igual que la ingestión conducían a la formación de dos reinos fácilmente distinguibles, el animal y el vegetal, en donde se ubicaba a los organismos macroscópicos, pero un tercer proceso, el de la absorción a pesar de ser reconocido como tal no representaba una línea lo suficientemente concreta para llegar a formar un reino a parte, situación que condujo a acomodar a la diversidad de los hongos dentro del mismo grupo que las algas y los protozoarios. Al igual que los otros sistemas, el arreglo de cuatro reinos de Copeland presentaba limitaciones muy marcadas, especialmente la de no poder explicar claramente el intervalo de separación entre el reino protocista y los reinos animal y vegetal.

La necesidad de reorganizar el arreglo del mundo biológico se evidenciaba en las dificultades presentes en los principios de los sistemas clasificatorios, pero estas dificultades más que representar obstáculos para el desarrollo de nuevos sistemas, funcionaron como importantes impulsos que incrementaron el interés por la búsqueda de mejores propuestas. Así en la década de los sesenta, R.H. Whittaker sugirió un sistema de clasificación para los seres vivos compuesto por cinco reinos diferentes (VII 8) (Margullis, 1985), dicho sistema se basaba en dos aspectos principales: los niveles de organización de los seres vivos y los tres principales tipos de nutrición: la fotosíntesis, la ingestión y la absorción.

Con este arreglo, los hongos fueron aceptados como un tercer reino de organismos, que aunado a las plantas y a los animales representaban las tres principales direcciones evolutivas de los organismos superiores. En este sistema el propuesto reino fungí incluía un extenso intervalo de formas diversas que llevó a sugerir que los "hongos verdaderos" o superiores y los mohos no fueran ubicados como dos grupos diferentes, esta designación es en parte consecuencia del esfuerzo por tratar a estos organismos fuera del reino de las plantas o del de los protocistas, y a que la expansión de cada uno dentro de un phyla es más razonable desde el punto de vista de la estructura y la nutrición celular.

Brevemente, los cinco reinos resultado de este arreglo son el monera (bacterias), el protocista (algas, protozoos, mixomicetes y otros organismos acuáticos), las plantas (plantas verdes multicelulares y algas superiores), los hongos (setas, mohos y líquenes) y los animales (Margullis, 1985). Sin embargo con este nuevo ordenamiento se originó una considerable elevación del número de taxones, los grupos que en otros sistemas eran considerados como

órdenes o clases, en el sistema de cinco reinos eran reconocidos como phyla, y en algunos casos eran separados dentro de diferentes ramas y subreinos.

El sistema de cinco reinos tiene muchas ventajas sobre el sistema de dos reinos y algunas sobre el sistema de Copeland, sobre todo relacionadas con la coherencia y con los caracteres empleados como unidades de clasificación (Margullis y Schwartz, 1985). No obstante al igual que los sistemas anteriores, este sistema no está exento de presentar algunas debilidades, como por ejemplo el hecho de que la línea trazada desde los organismos unicelulares hasta los multicelulares ha sido mezclada con un número de líneas filogenéticas diferentes, sin embargo, al referirse a este aspecto Whittaker señala que la transición entre estos dos grupos tiene una mejor división conceptual si se consideran como líneas de separación las condiciones superior e inferior a partir de la degradación de caracteres en una diferenciación tisular.

Más recientemente se ha propuesto un arreglo de los seres vivos a partir de explicaciones a nivel molecular (VII 9) en donde las filogenias moleculares (VII 10) así como las comparaciones entre rutas metabólicas (VII 11) y sus distribuciones filogenéticas son los principales criterios para clasificar. Con esta visión se aprecia a los organismos como documentos históricos, con los cuales su estructura, representada en cualquier nivel de organización, refleja su historia evolutiva (Lahav, 1999).

Con el descubrimiento de la estructura del ADN (VII 12) y los avances en el conocimiento de la síntesis biológica se han derivado distintas hipótesis, algunas de las cuales han tratado de manera específica el problema de la clasificación biológica. De estos trabajos, la hipótesis propuesta por Crick, Orgel y Woese basada en un sistema consistente exclusivamente en las secuencias del ARN (VII 13) da cuenta de un ordenamiento de los seres vivos organizado en tres grupos principales que son reconocidos como dominios (VII 14): El Arquea, Bacteria y Eucaria (Woese, Kandler y Wheelis, 1998). En este arreglo, los tres dominios propuestos derivan de un ancestro común, cuyo punto de divergencia corresponde a una forma de vida ancestral considerada más simple que las células procariontes actuales. Este último ancestro común fue nombrado por Woese como progenote quién lo describió como una comunidad hipotética que representaba un sistema primitivo en el que el fenotipo y el genotipo tenían apenas una relación rudimentaria e imprecisa (García, González y Lazcano, 1994).

Algunos juegos de genes empleados como caracteres homólogos han permitido inferir parcialmente la descripción del progenote. Con la secuenciación de estos genes se han demostrado dos situaciones diferentes: por un lado que los tres linajes están relacionados y que descienden de un ancestro común y por otro que este ancestro lejos de estar conformado como

una protocélula estaba ya constituido como una célula bastante sofisticada (García, González y Lazcano, 1994)

Con el recorrido histórico del desarrollo de los sistemas de clasificación se puede reconocer que una de las principales causas que han obstaculizado el desarrollo de la clasificación, es que los sistemas y métodos que han sido propuestos a pesar de que representan formas variadas y óptimas de ordenamiento son realizadas con un propósito tan específico que pueden llegar a ser irrelevantes para otras propuestas, esta situación se ve reflejada en las numerosas posturas donde se emplean criterios tan diversos que resulta casi imposible llegar a una unificación que permita establecer finalmente un sistema permanente de ordenamiento. Lo anterior hace evidente que el problema en sí no está representado por los sistemas de clasificación, sino por la elección de las razones, y consecuentemente de los criterios, para la cual va a ser empleada la clasificación.

Los sistemas de clasificación biológica abren toda una línea de conocimiento acerca de las leyes generales que rigen a los organismos y de las relaciones causales que existen entre ellos. Con estos sistemas se manifiesta el aumento en el conocimiento acerca de la diversidad biológica, así como de sus propiedades, semejanzas y diferencias, de aquí que un sistema será mejor que otro a medida que sugiera más leyes científicas, que contribuyan con la formulación de hipótesis explicativas (Mayr, 1995) y que resulte más estable, es decir que no sea modificado en forma profunda por la adición de nueva información.

4.6. La orientación actual de la enseñanza de la clasificación biológica

Considerando el hecho de que la taxonomía es una de las ramas más antiguas de la biología es preocupante que sea empleada como un simple inventario formado por largas listas de nombres complicados que no dan cuenta alguna de la naturaleza de la vida. Esta idealización procede al parecer de Margullis (1985) de dos causas principales; primero a que los nombres empleados son demasiados y segundo a que la enseñanza actual de la taxonomía está tan llena de teoría abstracta que el conocimiento de la diversidad orgánica desafortunadamente se ha enfocado a una simple revisión enciclopédica que ha dado como resultado una preocupante deformación conceptual.

En el aspecto educativo, el conocimiento de la evolución, los sistemas de clasificación y de las leyes que los rigen tienen un importante valor debido en parte al interés que fomentan hacia el conocimiento y aprendizaje de la diversidad de la vida. Ryman (1976) menciona que el

estudio de la variedad y clasificación de los seres vivos constituye actualmente una buena introducción para la enseñanza y aprendizaje de la biología en las escuelas de enseñanza media. De esta forma, el valor que en la actualidad se le ha dado a la enseñanza de la clasificación biológica se ve reflejado tanto en las continuas publicaciones que se realizan en torno a esta temática, como a los numerosos simposios internacionales y a la incesante actividad que se realiza en distintas áreas de esta ciencia, a este respecto es sorprendente conocer el número de nuevas especies que han sido descubiertas y reconocidas en las últimas décadas como es el caso representado por el phylum Loricifera descrito en 1986.

Aunque al parecer ninguno de los sistemas analizados anteriormente son completamente satisfactorios, las aportaciones que han dejado en el ámbito clasificatorio han servido de fundamento histórico para la edificación de nuevos sistemas que expresen de mejor manera las relaciones del mundo vivo.

El propósito de hacer una breve revisión a los sistemas de clasificación propuestos en diferentes épocas de la historia de la biología, es el de tratar de resaltar los criterios e ideas más relevantes que han sido desarrollados a través del tiempo para tratar de dar orden a la diversidad orgánica. Los conceptos emergidos en este recorrido histórico dan cuenta de diferentes etapas de evolución por las que ha atravesado el pensamiento de la clasificación del mundo vivo, estas etapas pueden funcionar como modelos para establecer posibles correlaciones con el desarrollo de estos mismos conceptos en el pensamiento de los estudiantes. Los conceptos científicos pasan por diversas fases de evolución durante su proceso de desarrollo y estos pasos corresponden parcialmente a las formas como se manifiestan las ideas previas de los estudiantes (Gallegos, 1998)

El proceso consistente en establecer puntos de similitud y diferencia entre las ideas de los estudiantes y los modelos provenientes de la historia puede funcionar, al parecer de algunos autores (por ejemplo Giordan, y Gagliardi, 1986) como elementos de interpretación que permitan orientar la enseñanza hacia la construcción de conceptos en los que participen posibles cambios conceptuales.

4.7. Mapa Conceptual que muestra el desarrollo histórico de los conceptos relacionados con el ordenamiento de los seres vivos.

Para finalizar el capítulo se presenta a continuación un mapa conceptual en el que se sintetiza el desarrollo histórico de los conceptos centrales que dieron pie al establecimiento de los

sistemas de clasificación biológicos propuestos en las diferentes etapas del conocimiento del mundo natural.

El mapa conceptual muestra un esquema visual que posee una estructura con relaciones de tipo cruzado y jerárquico en donde se representa la organización de un tema a través de sus conceptos fundamentales, conectados por medio de proposiciones claves que pueden presentar diversas configuraciones y grados de dificultad (Novak, 1988).

En el mapa de conceptos se presentan de manera general las ideas más relevantes que a través del tiempo se han transformado en elementos estructurantes del pensamiento clasificatorio de la diversidad biológica, cada una de estas ideas se localizan en etapas históricas específicas edificadas a partir de conceptos ligados, que en conjunto, dan forma y entendimiento al pensamiento al que hace referencia, sin embargo, es importante hacer notar que aunque existen conceptos que son propios de una etapa determinada, cuando son visualizados desde una perspectiva general, es decir como un conjunto universal de conceptos, estos dan en cuenta de un solo linaje¹¹ que es justamente el desarrollo de la clasificación biológica, así en el mapa pueden identificarse conceptos a partir de los cuales se han formado otros nuevos, algunos que al paso del tiempo han desaparecido y otros más que se han modificado y reorganizado hasta llegar a formar parte de las teorías clasificatorias actuales.

Con la delimitación de las etapas se consiguen dos propósitos diferentes, por un lado ver de manera más específica cómo se integran los conceptos en un pensamiento determinado y por otro identificar los sucesos más representativos que han originado los principales cambios en la construcción del conocimiento de la clasificación orgánica.

De esta forma se puede apreciar que hasta la segunda parte de la edad media el ordenamiento de los seres vivos se limitaba a propuestas de arreglo que no llegaron a concretarse como métodos secuenciados y no permitieron establecer algún sistema de clasificación, sin embargo, con esta organización conceptual también se puede reconocer que algunos conceptos incluidos en esta etapa, sobre todo los relacionados con criterios empleados para clasificar, son en parte los mismos que se utilizan en etapas más recientes. Otros conceptos que también sobresalen por la evolución que han tenido a través del tiempo son los de "escala natural" emergido en la etapa platónica, así como la delimitación de grupos generales de organismos propuesta por el pensamiento aristotélico, que dan cuenta de la etapa griega, la que a la vez puede ser dividida en subetapas debido a los cambios de ideología que se presentan en ella.

¹¹ Se reconoce como linaje a una serie de conceptos que comparten una historia en común, es decir que están referidos a lo mismo (Valladares, 2002)

El análisis del desarrollo histórico de los sistemas de clasificación se emplea en esta tesis como una herramienta para definir los contenidos curriculares dentro de la enseñanza de esta temática en el nivel básico de la educación, por esta razón y fundamentado en la utilización que se le ha dado a la historia de las ciencias como una estrategia para mejorar el aprendizaje científico, se emplea el mapa conceptual como una representación gráfica para facilitar la identificación de los principales conceptos que en las diferentes etapas históricas impidieron la aparición y el desarrollo de alguna teoría científica, estos conceptos dentro de la enseñanza de las ciencias son reconocidos como obstáculos epistemológicos (Gagliardi, 1988).

La determinación de los principales obstáculos epistemológicos permite reconocer cuáles han sido los conceptos estructurantes a partir de los cuales se han construido las teorías actuales, además permite extrapolar este conocimiento con el desarrollo intelectual de los alumnos, no estableciendo paralelismos entre uno y otro, porque es evidente el reconocimiento de que ambos se construyeron en sociedades y momentos diferentes, sino, midiendo el grado de transformación conceptual que involucra cada uno. Conocer cuáles han sido los obstáculos epistemológicos dentro del desarrollo de la clasificación biológica resulta útil para comprender las dificultades que los alumnos muestran en sus ideas previas.

Los conceptos estructurantes representan momentos de profunda transformación de una ciencia (Gagliardi y Giordan, 1986) y conocerlos puede determinar los conceptos estructurantes para la enseñanza de la clasificación biológica. Identificar los conceptos estructurantes emergidos en la historia y llevarlos al plano intelectual de los alumnos permite la transformación de su sistema cognitivo, y por tanto la introducción de nuevo conocimiento, es decir, con los conceptos estructurantes se puede llegar a la superación de los obstáculos epistemológicos.

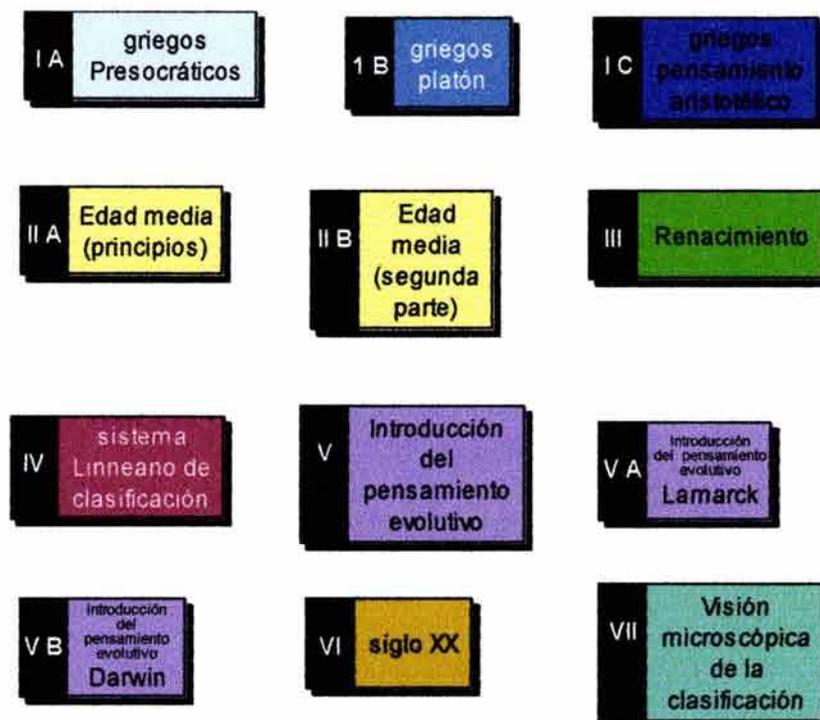
El mapa conceptual expuesto a continuación se constituyó de tramas conceptuales dispuestas en nodos e internodos. Los nodos son los conceptos más relevantes emergidos en una etapa particular y se representan en el mapa a través de palabras encerradas en rectángulos, por su parte los internodos constituyen los enlaces que relacionan las ideas principales y se representan por medio de flechas, estos enlaces pueden establecer relaciones entre una misma etapa o entre etapas diferentes, esto puede identificarse de acuerdo al sentido que tengan cada una de estas flechas.

Los conceptos principales y sus relaciones se disponen dentro del mapa en un orden jerárquico y temporal, así los conceptos arreglados de manera horizontal siguen un ordenamiento a partir del más antiguo, hasta llegar al más reciente, mientras que el arreglo vertical da cuenta de una jerarquía superior o inferior, es decir los conceptos dispuestos en las partes superiores corresponden a conceptos más generales, mientras que los conceptos

arreglados en puntos inferiores corresponden a conceptos más específicos que dan lugar a jerarquías subordinadas.

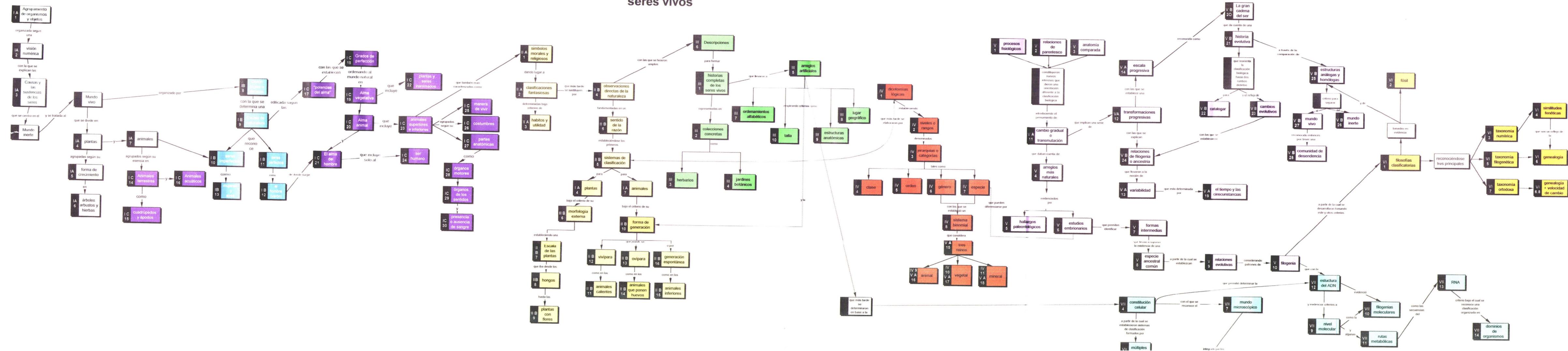
Otra cuestión importante en la estructura de este mapa es la delimitación de etapas históricas que tiene la finalidad de identificar es un momento histórico específico los conceptos más importantes que dieron lugar a las principales transformaciones en la historia de la clasificación biológica. Estas etapas se representan en el mapa con colores diferentes y con una numeración progresiva que va del I al VII, algunas de ellas se subdividen a su vez en varias etapas, en este caso la identificación y limitación de cada una se especifica por medio de letras: A, B etc. así por ejemplo se tiene la etapa IA que corresponde al periodo presocrático de la etapa griega. Los conceptos integrados en el mapa corresponden a palabras subrayadas que se incluyeron en la narrativa histórica, cada uno de estos conceptos están numerados de acuerdo a la etapa donde han sido formulados, así por ejemplo el concepto alma animal (IC 20) corresponde al concepto número veinte que esta situado en el pensamiento aristotélico de la etapa griega. Cada concepto integrado en el mapa tiene indicado en la parte sombreada izquierda la etapa y el número que ocupa dentro de ella.

Para un mejor reconocimiento se incluye previa a la presentación del esquema conceptual la siguiente simbología en donde se ejemplifica el arreglo de las etapas antes mencionadas.



mapa conceptual 1

El ordenamiento de los seres vivos



CAPITULO 5

HACIA UNA PROPUESTA PARA ABORDAR LA ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA

En torno a las diversas investigaciones que se han realizado acerca de la enseñanza de las ciencias resulta relevante la postura que Gagliardi y Giordan (1986) han planteado para abordar esta temática. Estos autores consideran que la enseñanza de las ciencias es un proceso constituido a partir de tres ejes fundamentales: los mecanismos de comprensión de los alumnos, las estrategias pedagógicas empleadas y los contenidos seleccionados para su enseñanza, ejes que a pesar de estar dirigidos hacia un mismo punto de convergencia y tratados simultáneamente en el momento de su aplicación, son analizados preliminarmente de manera particular con la finalidad de encontrar en cada uno los puntos específicos que obstaculizan el aprendizaje de los alumnos.

En el tratamiento individual de los componentes anteriores, la selección de los contenidos ha sido una temática ampliamente estudiada por el área de la psicología cognitiva en donde se han revisado a conciencia cuestiones que se han dirigido sobre todo hacia la elaboración de curricula científicos y en cuyos resultados se fundamentan las respuestas a preguntas tan simples pero a su vez cruciales para el proceso de enseñanza tales como ¿qué debe enseñarse a los alumnos? y ¿cuáles son los criterios que deben emplearse en la selección de estos conocimientos?.

Las principales conclusiones emergidas de esta visión apuntan a dos consideraciones importantes, primero que la información que se pretende transmitir a los estudiantes no puede hacerse sólo en función de los resultados de la ciencia ni tampoco en función de las supuestas necesidades sociales, y segundo que el principal punto de partida para definir los contenidos del curriculum debe situarse en el pensamiento de los alumnos, es decir a partir de sus conocimientos previos. De esta forma, de acuerdo con Sarramona¹ (1986) la selección de los contenidos obedece a

¹ Ver el apartado 2.3 del capítulo 1

la integración de distintos pensamientos, buscando con ello la posibilidad de otorgar a los estudiantes los conocimientos adecuados a su nivel cognitivo y las estrategias apropiadas que faciliten su aprendizaje.

De acuerdo a los argumentos anteriores en la propuesta que a continuación se presenta se consideran dos elementos principales en la selección de contenidos para la enseñanza de la clasificación biológica en los niveles educativos de primaria y secundaria. El primer elemento se sustenta en los componentes históricos que han formado parte del desarrollo de las teorías de clasificación biológica actuales, en este sentido se emplea a la historia de las ciencias como una herramienta para definir los contenidos fundamentales para la enseñanza de esta temática y con cuyos componentes se aborda a su vez la información disciplinaria requerida para la formación del currículum científico. El segundo elemento se constituye a partir de las ideas previas de los estudiantes considerando que este pensamiento como lo menciona Gallegos (1998) puede corresponder parcialmente a las diversas fases de cambios por los que han atravesado los conceptos científicos a través de la historia.

De esta forma estableciendo los puntos de similitud y diferencia entre los elementos utilizados en el desarrollo histórico y aquellos utilizados en las respuestas de los estudiantes se trabaja con dos elementos distintos que al ser integrados bajo la propuesta de emplear a la historia de las ciencias como un medio para la enseñanza pueden funcionar como dos criterios útiles para la selección de los contenidos enfocados en el ordenamiento de la vida para ambos niveles académicos de la educación básica. En los apartados siguientes se desglosa detalladamente la información y consecuente aportación de cada uno de los elementos para la selección de los contenidos.

5.1 Primer elemento: los principales componentes que han estado involucrados a lo largo de la historia del desarrollo de la clasificación biológica

Al referirse a este apartado necesariamente se tiene que abordar el importante papel que ha desempeñado la historia en la enseñanza de la biología. En la actualidad es notable el hecho de que dentro de la formación académica que se imparte a los alumnos debe de estar incluida la producción y utilización de conocimientos científicos, hipótesis que ha tratado de ser fundamentada a partir de la aplicación de la historia de las ciencias como un auxiliar para definir, entre otros aspectos, los contenidos elementales para su enseñanza (Gagliardi y Giordan, 1986).

Desde una perspectiva epistemológica el desarrollo de los procesos conceptuales que llevaron a la edificación de las teorías actuales de la clasificación puede ser apreciado como el resultado de una serie de transformaciones estructurales que cambiaron las teorías precedentes y que determinaron a su vez los nuevos intereses en los que se enfocaban las teorías recién emergidas en

aquel entonces. En otras palabras, el desarrollo histórico de la clasificación biológica permite en primera instancia identificar los conceptos a partir de los cuales se estructuraron sus principales momentos de transformación, en segundo lugar determinar cuales son los sectores que representaron obstáculos para esta transformación y por último indicar las relaciones sociales, económicas y políticas que entraron en juego durante este proceso de cambio.

De esta forma el análisis histórico del desarrollo de la clasificación biológica proporciona las herramientas conceptuales necesarias para determinar los conceptos estructurantes para la enseñanza del arreglo de la diversidad orgánica, es decir proporciona los medios para superar los obstáculos epistemológicos que impidieron en algún momento la construcción del conocimiento, además permite vislumbrar el hecho de que el conocimiento científico no se constituye a partir de un hecho único, sino que es edificado a través de una serie de construcciones realizadas en un contexto social definido (Gagliardi y Giordan, 1986).

La determinación de los obstáculos epistemológicos y de los conceptos estructurantes que permiten superarlos significa en términos de Gagliardi (1988) poder medir la transformación conceptual de los alumnos, no significando esta aseveración el establecimiento de un paralelismo entre la historia de la biología y el pensamiento de los estudiantes ya que ambas son prácticas de naturaleza diferente que corresponden a propósitos y lógicas distintas. En este sentido se puede decir que la historia de la biología proporciona "pistas" pero el pensamiento que se manifiesta de esta información no denota en su totalidad los elementos que conforman el pensamiento de los estudiantes contemporáneos ya que no parten de las mismas premisas ni bajo las mismas estructuras que los conceptos históricos. De este modo el análisis histórico permite establecer la relación entre la historia de la biología y las ideas previas de los estudiantes a manera de encontrar una herramienta conceptual para que los alumnos comprendan la situación actual de la ciencia, su ideología dominante y los sectores que la controlan.

Los conceptos estructurantes que forman parte del desarrollo de la clasificación biológica pueden ser determinados a partir del análisis de las teorías científicas actuales y de su historia, así la historia de este proceso permite visualizar cuales han sido los conceptos que en este tópico han permitido la transformación de un pensamiento a otro, la elaboración de nuevas teorías, así como también la utilización de nuevos métodos e instrumentos conceptuales.

En este trabajo se propone centrar la enseñanza de la diversidad y clasificación de los seres en los conceptos estructurantes más generales. Una enseñanza fundada en esta información reduce los temas a enseñar y permite dedicar más tiempo al desarrollo de las capacidades de los alumnos. En otros términos los conceptos estructurantes son a la vez un medio para superar los obstáculos epistemológicos y una base para continuar aprendiendo.

A partir del análisis histórico realizado en el capítulo cuatro y del modelo gráfico en donde se representó la evolución de los conceptos que dieron origen a los sistemas de clasificación actuales, se pudieron delimitar al menos cuatro marcos referenciales en donde se integran los conceptos estructurantes con los que en una época determinada de la historia se superaron los obstáculos que obstruyeron el avance del conocimiento en el campo de la clasificación biológica. Estos marcos son los siguientes:

1. La diferenciación entre la materia orgánica y la materia inerte, marco que da cuenta del inicio de la clasificación orgánica propuesto de manera formal a partir de la época griega antes de las propuestas de clasificación de Platón y Aristóteles. En este marco sobresalen conceptos tales como **la esencia** de los seres con los que se determinaban las **potencias del alma**, criterio a través del cual se permite distinguir, según el pensamiento griego, entre la materia orgánica y la inorgánica.

2. División dicotómica de los seres vivos en reino animal y reino vegetal. Este marco integra ideas acerca del ordenamiento de la vida que siguen un patrón dicotómico de clasificación, proceso que como lo menciona Angus (1981) es una forma innata de dar orden a la diversidad. Las concepciones que emergen de este marco abarcan un tiempo cronológico amplio, pues plasman en ellas pensamientos propuestos desde la época griega hasta la segunda parte de la Edad Media, cuando se empezaron a realizar clasificaciones más objetivas a partir de la observación directa de la naturaleza.

3. Las observaciones microscópicas en la clasificación biológica. Este marco de referencia resulta particularmente interesante debido a que en la representación esquemática del desarrollo histórico y en la propia narrativa histórica de la clasificación biológica esta visión se integra como una línea paralela al pensamiento evolutivo. Esta línea representa toda una forma de preceptuar la clasificación biológica, ya que a partir de ella se postularon conceptos que dieron forma a uno de los sistemas de clasificación con más amplio crédito en la biología, esto es el sistema de clasificación de cinco reinos. El arreglo de la diversidad orgánica vista desde esta perspectiva considera como principal criterio de arreglo la **unidad y estructura celular**, sin embargo es importante remarcar que dentro de este mismo marco se dan lugar también ideas que consideran como criterios de clasificación el **tipo de nutrición y la capacidad de movimiento**, y que en conjunto al paso de casi tres siglos de investigación fundamentaron la integración de un sistema de clasificación organizado en cinco reinos de seres vivos.

4. Orientación evolutiva de la clasificación biológica. Las ideas integradas en este marco dan cuenta de la introducción del pensamiento de cambio o transmutación en los seres vivos, idea que introdujo en la clasificación biológica una nueva orientación en los criterios de ordenamiento, pues con ella

surge el pensamiento de reflejar en los sistemas vivos las **relaciones evolutivas** de los organismos, estableciendo con ello la noción de **ancestría** entre los seres vivos, con esta visión se vinculó el problema de la diversidad biológica a la evolución de la vida.

En términos generales los cuatro marcos de referencia enunciados anteriormente siguen una línea cronológica de tiempo lineal, sin embargo los cambios de pensamiento sucedidos en cada uno de ellos no siguen precisamente este orden, es decir los obstáculos epistemológicos identificados en cada marco dan cuenta en sí del marco particular al que pertenecen, sin considerar los cambios que sucedieron en algún otro marco, por ejemplo, las ideas integradas en el marco referencial de la división dicotómica de los seres vivos en plantas y animales propuesto desde las clasificaciones de Aristóteles presenta un obstáculo epistemológico que pudo ser superado hasta el siglo XIX con el surgimiento de un tercer reino, el de los protistas. Por otro lado el marco que integra las ideas relacionadas con las observaciones microscópicas involucran pensamientos que a lo largo de más de trescientos años dieron forma a los sistemas de clasificación basados en la integración de reinos, así surge primero en el siglo XVII el descubrimiento del mundo microscópico, después en el siglo XIX la formación del reino protista y por último hasta el siglo XX la clasificación de la diversidad biológica en cinco reinos. De esta manera los dos marcos anteriores pueden observarse como continuos en una línea del tiempo, no así los obstáculos epistemológicos identificados en cada uno. Así, visto a nivel general todo el conjunto de transformaciones identificadas en cada marco aunque pertenezcan a etapas históricas diferentes dan cuenta de un solo linaje de investigación, esto es el desarrollo de la clasificación biológica.

Ubicados los cuatro marcos referenciales se aborda de manera particular cada uno de ellos, identificando en cada caso los obstáculos epistemológicos y los subsecuentes conceptos estructurantes con los que fueron superados, en los siguientes apartados se realiza esta descripción.

5.1.1. La diferenciación entre la materia orgánica y la materia inerte

Las ideas históricas integradas en este marco de referencia aluden casi en su totalidad a una de las interrogantes más ambiguas de la biología, esto es ¿cómo y bajo que criterios definir el término vida? A través de la historia el concepto de vida ha tomado significados muy diversos (Valladares, 2002) que en términos de la clasificación biológica puede traducirse en uno de los problemas conceptuales que más difícil ha sido de superar: la separación de la materia viva de la inerte.

Las primeras clasificaciones realizadas en torno a los seres vivos estuvieron determinadas a partir de arreglos propuestos para los seres² inertes, es decir la primera aproximación formal hacia la clasificación de los seres vivos se realizó a partir de la extrapolación de los trabajos en objetos inanimados, los resultados fueron arreglos biológicos que mas allá de representar un ordenamiento del mundo natural reflejaban en sí las cuestiones numéricas que prevalecían en aquel entonces.

Separar al mundo orgánico de la materia inerte resultaba una tarea complicada y en la búsqueda de razonamientos para realizar esta separación a veces se caía en el abordamiento de nociones que se alejaban en mucho de explicaciones con valor científico, no así en cambio los criterios que se empleaban para determinar dicha separación.

Siguiendo este contexto en este primer marco referencial puede reconocerse como primer obstáculo epistemológico la siguiente situación:

→ **Extrapolación de características inanimadas a los seres vivos**, es decir que a partir de criterios empleados para clasificar seres inorgánicos se determinarían los criterios para identificar y clasificar a los seres vivos. En este primer obstáculo surgieron cuestiones como las de agrupar a las plantas con los seres inertes por el hecho de ambos carecer de **movilidad**, siendo esta característica el principal juicio para identificar a las formas orgánicas. El movimiento se traducía en dotes de vida, por lo tanto los seres con este don eran reconocidos como pertenecientes al mundo vivo, así por ejemplo los animales acuáticos y terrestres con o sin extremidades pero que se desplazaban de un lugar a otro eran seres vivos, al igual que el fuego que tenía la capacidad de expandirse o el agua que podía recorrer grandes distancias.

A pesar de las dificultades presentadas para separar a los seres vivos de los seres inertes se siguieron juicios de carácter lógico, como el establecimiento de una **escala de la naturaleza para identificar el estado de vida en un ser**, a partir de la cual se determinaron agrupaciones de ambos tipos de seres, estas agrupaciones sin embargo no dieron solución definitiva a este problema, pues se seguía incluyendo a los seres inertes, como es el caso de los minerales, dentro del mundo orgánico.

El empleo de una escala de la naturaleza es una explicación que juega un doble papel dentro del desarrollo histórico de la clasificación biológica, el primero funciona como un integrador de conceptos estructurantes empleados para superar este primer obstáculo epistemológico y el segundo es justamente un obstáculo que se enmarca dentro del siguiente marco referencial donde se consideran ya agrupaciones formales.

Como eje integrador, el establecimiento de una escala de la naturaleza conjunta los siguientes conceptos estructurantes.

² En el pensamiento griego el mundo natural se dividía en seres vivos y seres inertes o inanimados, de aquí la utilización del término "seres" para referirse a cada uno.

1. **La presencia de un alma.** Con la que se definían las causas y las sustancias de los seres de la naturaleza, criterio bajo el cual se consideraban tres tipos de seres diferentes: los vegetales, los animales y el hombre. Sin embargo aunque la conceptualización del alma represento una salida para separar el mundo orgánico del inorgánico, este término dificultó la idea de concebir que la vida es un estado de organización de la materia, visualizándola como algo externo a la materia que entra en ella y la organiza en forma de ser vivo.
2. **El movimiento y la conciencia** principales características que pueden reconocerse dentro la identificación de **procesos fisiológicos** como criterios empleados para identificar vida en un organismo.

Un segundo obstáculo identificado en este marco de referencia es el que hace alusión a las características de los seres humanos para identificar las características de los seres vivos, este obstáculo se reconoce bajo el término de:

→ **Antropomorfismo** criterio bajo el cual empleando las características del ser humano se identificaba al resto de los seres vivos. En cuestiones de ordenamiento regidas bajo el pensamiento platónico este criterio se hacia más puntual, pues se pasaba de un pensamiento antropomórfico a una visión **androcentrista**, en donde a parte de emplear características humanas, la identificación, en este caso de animales, se realizaba con base en las características del sexo masculino.

5.1.2. División dicotómica de los seres vivos. Reino animal y reino vegetal

Desde los tiempos de Aristóteles hasta principios del siglo XIX la mayoría de los arreglos biológicos reconocían dos grupos principales de seres vivos: las plantas y los animales. En torno a esta forma dicotómica de reconocimiento se elaboraron diversas propuestas en diferentes etapas de la historia, cada una de las cuales se basó en sus propios criterios de ordenamiento. Dentro de este periodo de tiempo y bajo este marco de referencia se pueden reconocer dos obstáculos epistemológicos principales:

→ **Establecer una escala de la naturaleza para reconocer grados de perfección.** En este sentido la escala de la naturaleza permitía reconocer a través de la noción de la presencia de un alma (con la que se distinguía la esencia del ser, es decir atributos de vida o no vida) **potencialidades** para los seres con vida con las que se establecían grados de perfección, pensamiento que influyó en la forma de agrupar a la diversidad biológica, así con base a este criterio se reconocieron tres tipos de seres vivos: los animales las plantas y el hombre, este último grupo se integró al de los "animales racionales" a partir de la clasificación aristotélica. En el reconocimiento individual del grupo de las plantas y de los animales se empleaban como criterios de clasificación tanto las partes anatómicas de

los individuos como su forma de vida, haciendo evidente el empleo de características aparentes, tales como el **hábitat**, el **tamaño** y la **presencia de apéndices**, para realizar esta distinción.

→ **Elaboración de clasificaciones basadas en criterios fantasiosos.** Esta idea se sostuvo fuertemente durante la primera mitad de la edad media, etapa en donde los principales criterios de clasificación estaban determinados a partir de una **visión moralista y religiosa** que se tenía de los seres vivos.

En este marco es evidente la ausencia de la observación de la naturaleza para establecer los criterios del ordenamiento, que estaban propuestos casi en su totalidad con base en el **uso** y a la **utilidad** que se les daba a los seres vivos clasificados. Este pensamiento fue reemplazado en esta misma etapa de la historia, en la segunda mitad de la edad media, cuando se introduce en las clasificaciones el "sentido de la razón" fundamentado en investigaciones realizadas a partir de la observación directa de la naturaleza.

Para el caso de los animales los ordenamientos se realizaron tomando como principal criterio su **forma de generación**, de esta manera los animales se agruparon según su forma de nacimiento en **vivíparos**, **ovíparos** y aquellos nacidos por **generación espontánea**, arreglo que continuaba con la tradición de considerar una escala para la naturaleza propuesta desde la época griega. Para el caso de las plantas se propuso también un orden en el que se consideró como principal criterio de arreglo la **morfología externa**, estableciéndose también una escala de perfección en donde los hongos fueron considerados los organismos del mundo vegetal más imperfectos y las plantas con flores los organismos más perfectos. Es importante señalar que a pesar de que estos arreglos pueden considerarse como agrupaciones formales debido a que en algunos casos coinciden en clases y ordenes reconocidos actualmente, estos arreglos no constituyeron sistemas de clasificación de gran trascendencia.

La clasificación dicotómica de los seres vivos se abandonó con el descubrimiento del mundo microscópico, visión bajo la cual el principal criterio para clasificar a los seres vivos no se sustentaba en la observación de caracteres macroscópicos, es decir características visibles a simple vista, sino en las características microscópicas de los organismos recién revelados. De esta forma de acuerdo a la constitución celular y siguiendo el criterio de presencia o ausencia de movilidad se reconocieron plantas y animales unicelulares, sin embargo la presencia de organismos que no se adecuaban a estas determinaciones obligaron a cambiar el rumbo de la división dicotómica de los seres vivos surgiendo propuestas de reinos individuales para estos organismos considerados en aquel entonces anómalos, no obstante estas propuestas eran ignoradas o consideradas como curiosidades debido a la falta de sustento con las que eran elaboradas.

5.1.3. Las observaciones microscópicas en la clasificación biológica

La división dicotómica de los seres vivos en plantas y animales tomó un rumbo distinto a mediados del siglo XIX cuando los sistemáticos observaron que ciertos organismos como las bacterias y los hongos diferían de las plantas y los animales más de lo que diferían entre sí estos últimos dos grupos. A partir del descubrimiento del mundo microscópico en el siglo XVII, los organismos incluidos en este nuevo grupo fueron reconocidos bajo el término de "animáculos" refiriéndose a los seres microscópicos que podían encontrarse en grandes cantidades por doquier. Más de un siglo después se pensaba que estos pequeños seres surgían espontáneamente de la materia inanimada, concluyéndose posteriormente que estos organismos microscópicos eran producidos por otros organismos microscópicos al igual que ocurría con los organismos macroscópicos.

La creación de un tercer reino de organismos tenía como propósito central separar a las plantas y a los animales de los microorganismos, seres vivos que eran considerados más primitivos y ambiguos, con la implicación de que los organismos superiores habían evolucionado a partir de sus antecesores protistas, término bajo el cual se reconocía al grupo microscópico de seres vivos.

De manera general la formación de un tercer reino puede ser vista como la línea de estudio que permitió superar la división dicotómica de los seres vivos, sin embargo como un marco particular incluyó en su propia constitución obstáculos que dificultaron el desarrollo de la clasificación biológica propuesta a partir de la constitución celular de los seres vivos, estos obstáculos se mencionan a continuación:

→ **Agrupación de los organismos unicelulares con base al arreglo dicotómico planta-animal.**

Las primeras observaciones microscópicas realizadas en el siglo XVII permitieron reconocer en la diversidad del mundo vivo seres pluricelulares y unicelulares, estos últimos fueron arreglados dentro de los dos únicos reinos reconocidos hasta ese entonces considerando como principales criterios de ordenamiento la capacidad de **movimiento** y el **tipo de nutrición**, características determinadas a partir de observaciones macroscópicas, con este patrón de arreglo los organismos microscópicos fueron integrados al reino animal y vegetal respectivamente como **animales y plantas unicelulares**. Esta organización sin embargo no cubrió en su totalidad la diversidad unicelular que a pesar de que en estos términos representaba un obstáculo para la clasificación biológica, por ejemplo los euglenidos que compartían características tanto de plantas como de animales, no fue sino hasta tres siglos más tarde cuando se pudo superar gracias a la propuesta de un tercer reino, **los protistas**.

→ **Limitaciones del reino protista.** Desde que se estableció un tercer reino en la clasificación de los seres vivos se hizo evidente dentro de este grupo la presencia de organismos que diferían del resto a nivel de estructuras celulares. Con el paso del tiempo se pudo determinar que las bacterias y las

algas cianofíceas se distinguían del resto de los integrantes de su reino por la carencia de un **núcleo celular**. A partir de estas consideraciones el núcleo de las células fue reconocido como uno de los principales criterios de agrupación de los seres vivos, pues en él se alberga, contenida en **ADN**, la información genética que la célula utiliza para sintetizar proteínas específicas necesarias para su metabolismo y reproducción. La organización del ADN en las células determina la presencia o ausencia de un núcleo celular, en el primer caso el ADN unido a proteínas forma **cromosomas** que están rodeados por una **membrana**, en el segundo caso las moléculas de ADN no se asocian con proteínas, ni tampoco hay alguna membrana. Bajo estos criterios se reconocen células con o sin núcleo, surgiendo con ello la idea de agrupar a la diversidad biológica en dos conjuntos diferentes, Los **procariontes** (del griego *pro*, primitivo y *Karyon*, núcleo), y los **eucariontes** (del griego *eu*, verdadero), distinción básica que posteriormente se empleó en la construcción del sistema de clasificación de los cinco reinos.

5.1.4. Orientación evolutiva de la clasificación biológica

Por un periodo de tiempo las clasificaciones propuestas para organizar al mundo vivo dependieron en sí de los organismos observados en el entorno inmediato. La información desprendida de los seres clasificados se centraba en las características macroscópicas que de ellos se apreciaban, dando lugar a arreglos determinados a partir de amplias descripciones que con el paso del tiempo no alcanzaron a cubrir las expectativas sobre el conocimiento de los seres vivos que traía consigo el impostergable avance de la biología.

En la primera mitad del siglo XIX, se propone una nueva orientación para la clasificación biológica, en la que más que considerar las descripciones detalladas de los organismos, se centraba en las relaciones de parentesco que se establecían entre ellos, sugiriendo con este pensamiento la idea de identificar formas intermedias a partir de las cuales se buscaba determinar la existencia de un antepasado en común. Desde esta perspectiva la clasificación biológica planteaba reflejar la filogenia de los seres vivos con la finalidad de llegar a arreglos más naturales en los que se pudiera representar tanto como fuera posible las relaciones reales de los organismos. La adopción de este pensamiento en el desarrollo histórico de la clasificación biológica dio lugar a una de las transformaciones más significativas en cuanto a ordenamiento de los seres vivos ya que con esta postura se abandonó la idea de las esencias inmutables propuesta con el **esencialismo** aristotélico, dando paso a la noción de cambios graduales o transmutaciones en los organismos vivos, así en este marco se reconoce como obstáculo epistemológico el siguiente:

→ **Reconocimiento y arreglo de la diversidad biológica a través de una escala natural que refleja las esencias inmutables de los organismos a través de sus potencialidades.** En términos de tiempo cronológico la idea de organizar a los seres vivos con base en su esencia estuvo presente

desde la época griega, en donde los principales criterios de arreglo de basaban en su totalidad en características aparentes. Exceptuando las clasificaciones determinadas a partir de la estructura celular, las clasificaciones propuestas en las diversas etapas históricas delimitadas giraron en torno a características macroscópicas que a pesar de que con el paso del tiempo fueron vistas desde diferentes perspectivas, las clasificaciones que con base en ellas se realizaban estuvieron caracterizadas por representar arreglos artificiales. La idea de potencialidades de los seres pudo ser superada justamente con la apreciación de estas características macroscópicas, atributos con los cuales se organizó la diversidad biológica con base en sus grados de perfección, no obstante así la noción de apreciar a la vida como algo estático, que esta presente en un tiempo y espacio totalmente determinado. Esta percepción intentaba ser revocada desde el siglo XVIII cuando se introduce la idea de **transmutación** o **cambios graduales** en los organismos vivos, pensamiento fundamentado en los **hallazgos paleontológicos** y en la **anatomía comparada**.

Los diferentes obstáculos epistemológicos así como los conceptos estructurantes identificados en cada uno de los cuatro marcos de referencia son empleados en el siguiente elemento que se considera en la selección de los contenidos. La información obtenida de estos marcos referenciales es comparada con los problemas conceptuales identificados en las ideas previas de los estudiantes con la intención de encontrar puntos de similitud entre ambos pensamientos en cuanto a obstáculos se refiere, para integrar en la selección de los contenidos los principales conceptos estructurantes con los que fueron superados estas dificultades en la formación del conocimiento sobre la clasificación biológica.

A manera de simplificar, la información que da cuenta de los principales obstáculos epistemológicos identificados en la narrativa histórica realizada en el capítulo cuatro se presenta a continuación en la cuadro 5.1 donde se incluyen también los conceptos estructurantes propuestos que dieron pie al cambio en la forma de pensamiento respecto a éstos obstáculos.

CUADRO 5.1 Principales obstáculos epistemológicos y sus subsecuentes conceptos estructurantes identificados en el recorrido histórico del desarrollo de la clasificación biológica.

Marco	Obstáculos epistemológicos	Ideas involucradas	Conceptos estructurantes
1	<p>1. La extrapolación de características inanimadas a los seres vivos</p> <p>2. Antropomorfismo y androcentrismo para reconocer características de vida en los seres de la naturaleza</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Causas y sustancias de los seres • Movimiento y conciencia como criterios que definen la vida • El ser humano es la clave de partida para identificar características de vida en los seres de la naturaleza. 	<p>1. Establecimiento de una escala de la naturaleza para otorgar a los seres el estatus de "vida"</p> <p>2. Identificación de procesos fisiológicos que hacen reconocer a los seres vivos como un grupo diferente al de los seres inertes</p> <ul style="list-style-type: none"> → Movimiento → Respiración → Conciencia
2	<p>3. Establecimiento de una escala de la naturaleza para reconocer grados de perfección</p> <p>4. Clasificaciones basadas en criterios fantasiosos, enmarcados por la utilidad que se le daba tanto a las plantas como a los animales.</p>	<p>→Potencialidades y esencias del alma con los que se reconocieron tres tipos de seres vivos: los animales, las plantas y el hombre.</p> <p>→La distinción entre los grupos se realizaba con base en criterios anatómicos (presencia de apéndices para determinar desplazamiento traducido en movimiento, espinas, hojas, raíces, etc.) y de hábitat.</p> <p>→Visión moralista y religiosa de los seres vivos</p>	<p>Componentes macroscópicos de los seres vivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> →Partes anatómicas de plantas y animales para establecer similitudes como organismos vivos. →Comparación de procesos fisiológicos, para integrar al hombre en el reino animal →Hábitat (para identificar organismos acuáticos y terrestres) →Para el reino animal la forma de generación de los seres →Para las plantas la morfología externa

3	5. Agrupación de organismos unicelulares con base en el arreglo dicotómico planta-animal.	<p>→ Separación de los seres vivos según su constitución celular en organismos unicelulares y multicelulares, que seguían incluyéndose en un sistema integrado por dos únicos reinos.</p> <p>→ El mundo microscópico fue agrupado con base en criterios de movilidad y tipo de nutrición, así los organismos microscópicos carentes de movilidad y con nutrición autótrofa eran considerados "plantas unicelulares", por el contrario los organismos unicelulares con capacidad de movimiento y de nutrición heterótrofa eran reconocidos como "animales unicelulares"</p> <p>→ La distinción entre los seres vivos no debe realizarse a partir de la observación de los organismos macroscópicos sino a partir de la constitución de los organismos microscópicos.</p> <p>→ La distinción entre los seres vivos no se define a partir del reino vegetal y animal sino dentro del grupo de los microorganismos en donde se distinguen dos grupos principales: los procariontes y los eucariontes.</p>	<p>→ Surgimiento de un tercer reino denominado "protista" y dentro de este un subgrupo denominado "monera" que se distinguía del resto de los organismos microscópicos por carecer de un núcleo celular</p> <p>→ Diferencias esenciales entre organismos procariontes y eucariontes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disposición del ADN • Presencia de membrana celular • Tamaño • Diferenciación celular
3	6. Establecimiento de un tercer reino denominado protista.		
4	7. Reconocimiento y arreglo de la diversidad biológica a través de una escala natural que refleja las esencias inmutables de los organismos a través de sus potencialidades		<p>→ Noción de cambios graduales en los seres vivos, que se fundamenta en criterios como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anatomía comparada • Hallazgos paleontológicos

5.2 Segundo elemento: Las ideas previas de los estudiantes, identificación de los principales problemas conceptuales involucrados en la clasificación biológica

La categorización de ideas previas presentada en el segundo capítulo muestra las representaciones de los estudiantes a manera de esquemas conceptuales con los que se han podido identificar importantes problemas conceptuales que impiden el aprendizaje significativo en cuanto a la clasificación biológica se refiere.

Por la propia naturaleza de las ideas emitidas por los estudiantes se consideraron en el análisis categorial tres grupos independientes, el primero constituido por ideas centradas en el conocimiento de los animales, el segundo en el conocimiento de las plantas y el último el de los microorganismos. Cada grupo de ideas se trabajó por separado y en cada uno se infirieron las principales concepciones que al parecer representan obstáculos conceptuales para el aprendizaje de la clasificación biológica.

El análisis individual de cada grupo de ideas previas reveló los criterios más comúnmente usados por los alumnos al referirse al ordenamiento de los seres vivos, sin embargo aunque esta revisión se realizó por separado, el análisis global de cada grupo demostró que estos criterios coincidían, salvo algunas excepciones, en los tres grupos estudiados y que dichos criterios se dirigían hacia dos procesos diferentes: la **identificación** y la **agrupación** de los seres vivos, como se muestra en el esquema 5.1.

De esta forma organizados los diferentes atributos en su proceso correspondiente se presentan a continuación los problemas conceptuales más relevantes identificados en las ideas previas de los estudiantes.

PARA LA IDENTIFICACIÓN:

1. Reconocimiento de los seres vivos a través de características macroscópicas (aparentes).

En la categorización de ideas previas esta perspectiva figura como marco de referencia tanto en las ideas de primaria como en las de secundaria, además de que se presenta en los tres grupos considerados. En este caso la identificación de seres vivos empleando características macroscópicas no representa en sí el problema conceptual, sino la forma en que los atributos usados para esta identificación son conceptualizados.

Estos atributos se centran en la observación de características aparentes que los alumnos pueden percibir a simple vista, y se enfocan en los siguientes puntos de atención:

a) Estructuras corporales. Este criterio es el más frecuentemente usado por los alumnos y los atributos que sobresalen de él derivan directamente de la apreciación de la morfología externa de los organismos, entre estas características se incluyen el tamaño, la presencia o ausencia de huesos y extremidades, la forma de crecimiento (árboles, arbustos o hierbas) y la presencia de espinas y hojas.

atributos que son empleados para identificar casi exclusivamente a animales y plantas respectivamente.

Esta situación provoca que la identificación de estos seres vivos se vea limitada a reconocer organismos de su entorno, considerando principalmente ejemplares de zoológicos, granjas o aquellos que observan en sus casas, escuelas o parques, originando así un alto grado de restricción hacia el conocimiento y ordenamiento de la diversidad biológica.

b) Antropomorfismo. Dentro del uso de características macroscópicas para identificar a los seres vivos resulta de especial atención la visión antropomórfica que los estudiantes adoptan para llevar a cabo este proceso. En este caso además de emplear características aparentes como medio para reconocer seres vivos, este atributo se agudiza más al considerar como principal punto de comparación las características humanas. Entre estos atributos sobresalen la presencia de apéndices, (es decir si los organismos tienen pies, esta característica se compara con las extremidades animales, y por lo tanto son identificados como seres vivos por que el ser humano se encuentra dentro de esta categoría), y algunos procesos fisiológicos tales como la respiración, alimentación, reproducción o movimiento.

c) Procesos fisiológicos. La atención hacia este criterio diverge hacia dos puntos diferentes, por un lado tiene una clara orientación antropocéntrica, en la cual funciones como la respiración, alimentación y reproducción son reconocidas en los seres vivos a partir de la extrapolación con las funciones del ser humano, es decir por el hecho de que un organismo tenga orificios nasales o la capacidad de producir descendencia, tal organismo es considerado ser vivo debido a que comparte características semejantes a las del hombre.

Por otra parte, la atención hacia los procesos fisiológicos se percibe no como un proceso metabólico sino como una serie de "características aparentes" en las que de ninguna manera se consideran los niveles de organización de la materia orgánica, es decir las células, tejidos y órganos. De esta forma, en esta disposición, las ideas previas sostenidas por los estudiantes se centran en la observación de estructuras corporales con las que se lleven a cabo dichos procesos tales como nariz, órganos sexuales, bocas entre otras.

2. Reconocimiento de los seres vivos a partir de aspectos ecológicos determinados por la influencia social. El hábitat es uno de los principales atributos considerados en la identificación de los seres vivos con base en aspectos ecológicos, esta característica frecuentemente tiende a formar estereotipos que restringen la idealización de la biodiversidad al delimitar las zonas geográficas en donde pueden habitar los seres vivos. El hábitat frecuentemente se delimita por influencia social, es decir por consideraciones antropocéntricas que se tienen del lugar que habitan los seres vivos, por ejemplo de la selva, del desierto o de los bosques, lugares representativos en la redacción de fábulas, cuentos y caricaturas. Otra característica enmarcada en los aspectos ecológicos que representa un problema conceptual para la identificación de los seres vivos es el reconocimiento de niveles tróficos

dentro de las redes alimenticias, esta característica a menudo se relaciona con el tamaño y la fuerza de los organismos, situación que provoca una marcada inclinación hacia los animales como principales representantes del mundo vivo, dejando a las plantas y a los microorganismos en segundo término, los primeros debido a la carencia de movimiento, atributo que los excluye del binomio cazador-presa y los segundos por el casi nulo conocimiento que se tienen de ellos.

3. Reconocimiento de seres vivos a través de características microscópicas (consideraciones de la estructura celular). El nivel celular representa para el pensamiento de los estudiantes altos requerimientos de abstracción, requisito casi ausente en la identificación de seres vivos por medio de atributos macroscópicos. La característica celular aparece en las ideas previas hasta el nivel de secundaria para referirse a la distinción de plantas y animales a partir de diferencias entre sus tipos de células, ideas en las que sin embargo no se hace presente el conocimiento sobre estructuras celulares o procesos metabólicos. La concepción de célula se usa en la identificación de los seres vivos de manera indiscriminada.

PARA LA AGRUPACIÓN:

La reunión de organismos dentro de grupos específicos realizada a través del reconocimiento de diferencias o semejanzas se lleva a cabo también básicamente a partir de características macroscópicas. En el proceso de agrupación los estudiantes proponen conjuntos de seres vivos con base en los conocimientos que les ha dejado la identificación, sin embargo en comparación con este último proceso, la tarea de agrupar requiere de más modelos de abstracción, razón por la cual probablemente se presente, de acuerdo a las ideas previas analizadas, sólo en el nivel secundaria. Las concepciones de los estudiantes referentes al proceso de agrupación de seres vivos se enfocan primordialmente en los tres aspectos siguientes:

a) El establecimiento de prototipos. El uso de estereotipos se presenta en las ideas de los estudiantes como uno de los medios preferentes para organizar la diversidad. Los estereotipos a menudo son formados a partir de características macroscópicas enfocadas fundamentalmente en la observación de la morfología externa, que a diferencia de la empleada en la identificación no considera inferencias internas, tales como calificar a un organismo como vertebrado o invertebrado a través de su apariencia corpulenta o "pequeña". Los atributos utilizados en este proceso se dirigen más hacia la observación directa como la presencia de plumas o pelo, la forma de movimiento considerando evidentemente la presencia o ausencia de extremidades, la observación de hojas, espinas, flores y tallos en el caso de las plantas, o la idea de agentes causantes de enfermedades o el tamaño diminuto para los microorganismos, grupo en el cual a diferencia de las plantas y los animales además de considerar prototipos para la agrupación, también los consideran para la identificación.

Los prototipos auxilian en cierta forma la agrupación, sin embargo frecuentemente llevan a la restricción de los conjuntos, aceptando en ellos solamente ejemplares que cumplan completamente con las características preestablecidas, no permitiendo así el análisis y reflexión de los atributos propuestos para reconocer al prototipo.

Los criterios para establecer prototipos varía según el tipo de organismos en consideración, sin embargo los criterios más utilizados se enfocan sobre todo en pensamientos zoomórficos o antropomórficos y en algunas ocasiones puede llegar a encontrarse una mezcla de ambos. De esta forma, en el caso de los animales y las plantas las estandarizaciones se ven orientadas tomando en cuenta los dos criterios, sin embargo el zoomorfismo ocupa un lugar predominante, pues a menudo los prototipos son formados a partir de características animales, concepto que sin embargo como lo indican las ideas previas, presenta en los estudiantes de primaria y secundaria un alto grado de restricción.

c) El medio que habitan los seres vivos como criterio de agrupación. La situación más relevante derivada de este aspecto es que la asignación del hábitat en el que se visualiza a los seres vivos no depende de las adaptaciones que en sentido estricto éstos puedan tener al medio, sino del conocimiento que los estudiantes adquieren de estos organismos a partir de fuentes informales de aprendizaje tales como caricaturas y fábulas o de las propias observaciones que realizan en documentales o enciclopedias. A menudo la utilización del hábitat como criterio de agrupación conduce a la formación de conjuntos restringidos, por ejemplo, las plantas son agrupadas dentro del conjunto de los organismos terrestres porque tienen raíces, al igual que los animales que presentan extremidades que les permite desplazarse sobre la superficie terrestre o los microorganismos son organizados en un grupo limitado de organismos que viven en la suciedad o en la comida podrida.

En la agrupación de organismos vivos tomando como referencia el lugar que habitan, los estudiantes reconocen esencialmente dos grupos importantes: los terrestres y los acuáticos, distinción que se realiza por un lado a través de la observación de actividades como el desplazamiento o la forma de nutrición, y por otro lado por la apreciación de características estructurales externas como la presencia de apéndices, raíces, plumas, escamas etc., asociando de esta manera la vida en la tierra con la presencia de apéndices que deriva en un tipo de desplazamiento, (caminando, arrastrándose o volando) y en el caso de las plantas su forma de nutrición, que bajo criterios de los estudiantes se lleva a cabo por medio de sus raíces, estructuras que las fijan a la superficie terrestre. Por otra parte la diversidad del medio acuático se relaciona con la idea de que los seres vivos que nadan tienen escamas y más restringidamente con forma de peces o tiburones.

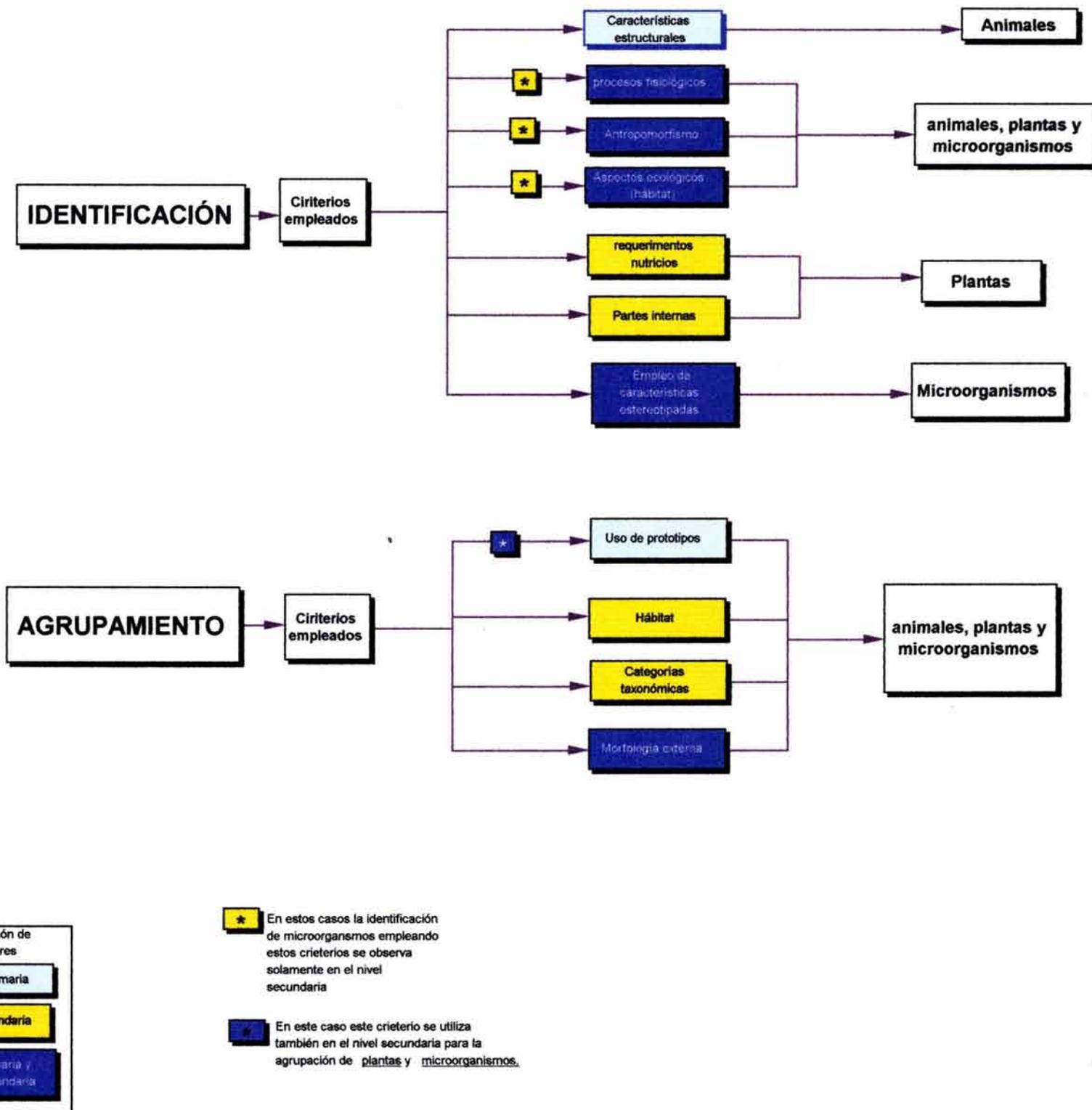
c) Formación de grupos taxonómicos. La estructuración de grupos que coinciden con clases reconocidas por los científicos frecuentemente se establecen a partir de la morfología y características externas. Los grupos taxonómicos se presentan únicamente en el caso de los

animales y las plantas, no así en los microorganismos. Los atributos empleados por los alumnos no denotan un análisis de las características a las que recurren, sino más bien se basan en la observación directa de los ejemplares, así los estudiantes proponen categorías para las plantas y para los animales basándose por ejemplo en la apreciación de plumas, pelo, escamas, hojas, espinas, flores etc., atributos cuyas ideas previas hacen aparente un recurso de uso indiscriminado.

La identificación de los problemas conceptuales que prevalecen en el pensamiento de los estudiantes funciona en la propuesta como un elemento esencial para la selección de los contenidos de enseñanza ya que a partir de ellos se permite inferir el pensamiento de los alumnos y dentro de él las principales concepciones que denotan obstáculos para el aprendizaje.

Al llegar a este punto, los problemas conceptuales identificados en las ideas previas se comparan a continuación con los principales obstáculos epistemológicos identificados en la historia, y teniendo como fundamento los procesos de formación de conceptos y pensamientos que en largos periodos de tiempo dieron pie a la superación de estos obstáculos, se extrapolan, con sus debidas reservas, al pensamiento de los alumnos, para de esta forma considerar en la selección de contenidos conocimientos que permitan superar los problemas conceptuales de los estudiantes.

Fig. 5.1 ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LOS PRINCIPALES CRITERIOS EMPLEADOS POR LOS ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y SECUNDARIA EN RELACIÓN CON LA CASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS.



5.2.1. Comparación de los conceptos empleados por los estudiantes en la clasificación biológica con los conceptos identificados en la historia.

Básicamente las ideas previas analizadas en el capítulo dos con relación al conocimiento y ordenamiento de la diversidad biológica pueden ser comparadas con concepciones pertenecientes a tres de los cuatro marcos de referencia limitados en el análisis histórico. Estos marcos reflejan en los diferentes pensamientos que los componen elementos semejantes al pensamiento de los estudiantes, representando en ambos casos dificultades en la formación del conocimiento de la diversidad biológica.

La comparación de las concepciones históricas y las ideas de los estudiantes no pretende el reconocimiento de paralelismos, porque queda claro que ambos pensamientos se formularon bajo condiciones diferentes, lo que pretende este análisis es emplear los conceptos que surgieron en la historia a partir del desarrollo de nuevas ideas que dieron pie a la superación de ideas fuertemente arraigadas en relación con el conocimiento biológico, para superar los propios obstáculos de los estudiantes reconocidos a través de los problemas conceptuales identificados en sus ideas previas.

Bajo estas consideraciones la comparación se realiza como se muestra en la figura 5.2 respetando las dos vertientes principales del pensamiento de los alumnos, esto es la identificación y agrupación de los seres vivos destacados con los colores rojo y azul respectivamente. En ambos casos se muestran los principales atributos que los alumnos emplean en cada proceso señalados por tres colores distintos (verde, azul y amarillo) con la finalidad de que al ser extrapolados con las ideas históricas integrados en cada marco histórico se facilite la identificación de dicha correspondencia ya que los marcos a los que pertenecen están marcados con el mismo color. Las flechas negras denotan una correspondencia directa, mientras que las flechas punteadas señalan una relación más indirecta.

De esta forma la identificación de seres vivos expuesta en las concepciones de los estudiantes se determina a partir de tres atributos principales: las características macroscópicas, características internas (en las que presentan algunas nociones sobre la condición celular) y el empleo de prototipos. Cada atributo corresponde a un marco histórico diferente, a continuación se detalla la comparación:

■ **PRIMERA SITUACIÓN Marco Histórico 1: La diferenciación entre la materia orgánica e inorgánica y las ideas previas de los estudiantes relacionadas con la identificación de los seres vivos a partir de sus características macroscópicas.** En el pensamiento de los estudiantes la identificación de los seres vivos presenta dos vertientes diferentes, por un lado se encuentra la separación del mundo vivo y el inerte y por otro la identificación tal de vida a partir de características observables. En el primer caso es común encontrar en las concepciones de los alumnos conflictos que obstaculizan el reconocimiento del mundo orgánico e inorgánico, en donde frecuentemente los atributos empleados para identificar a uno u otro grupo están mezclados, dando por resultado graves

problemas conceptuales tales como el animismo, situación en la que se atribuye vida a seres inertes a través del reconocimiento de características orgánicas por ejemplo "la nube es un ser vivo porque se mueve" o "la campana emite sonidos, por eso podría ser un ser vivo".

Por otro parte dejando a un lado el conflicto vida – no vida se encuentra la identificación de los seres de la naturaleza como pertenecientes al grupo de los seres vivos, en esta situación el estatus de vida se identifica principalmente a partir de procesos fisiológicos "observables" como lo son la respiración, alimentación y el movimiento, características que, según el pensamiento de los estudiantes, otorgan vida a los seres y que frecuentemente se ligan a las características humanas.

Este mismo conflicto se identifica en la etapa histórica griega, en donde se propone una escala de la naturaleza para establecer el estatus de vida y no vida, tarea en la cual los principales atributos para identificar seres vivos e inertes recaían casi en su totalidad en el **movimiento** y en **estructuras corporales**, características que llevaron a reconocer seres perfectos e imperfectos. Por otro lado también se reconoce en este pensamiento un cierto grado de animismo pues a partir de las características de los seres inertes se intentaban reconocer las características del mundo vivo por medio de un proceso de discriminación, aquí es importante mencionar que incluso las primeras clasificaciones del mundo vivo se realizaron a partir del arreglo de objetos inertes. En esta primera comparación se propone emplear los conceptos estructurantes identificados en el marco histórico que dieron lugar a la superación de una escala de la naturaleza organizada en seres perfectos e imperfectos para superar los problemas conceptuales de los estudiantes antes marcados. Estos conceptos estructurantes dan cuenta de una razón principal, esto es reconocer las **causas** y las **sustancias** de los seres, o en términos griegos sus potencias del alma, para delimitar grupos: plantas, animales y minerales; considerando como características principales de identificación el tipo de nutrición y la capacidad de descendencia en sustitución del movimiento y las estructuras anatómicas que en las ideas de los estudiantes conllevan al animismo y al antropomorfismo. En la figura a continuación se esquematiza la propuesta de extrapolación:

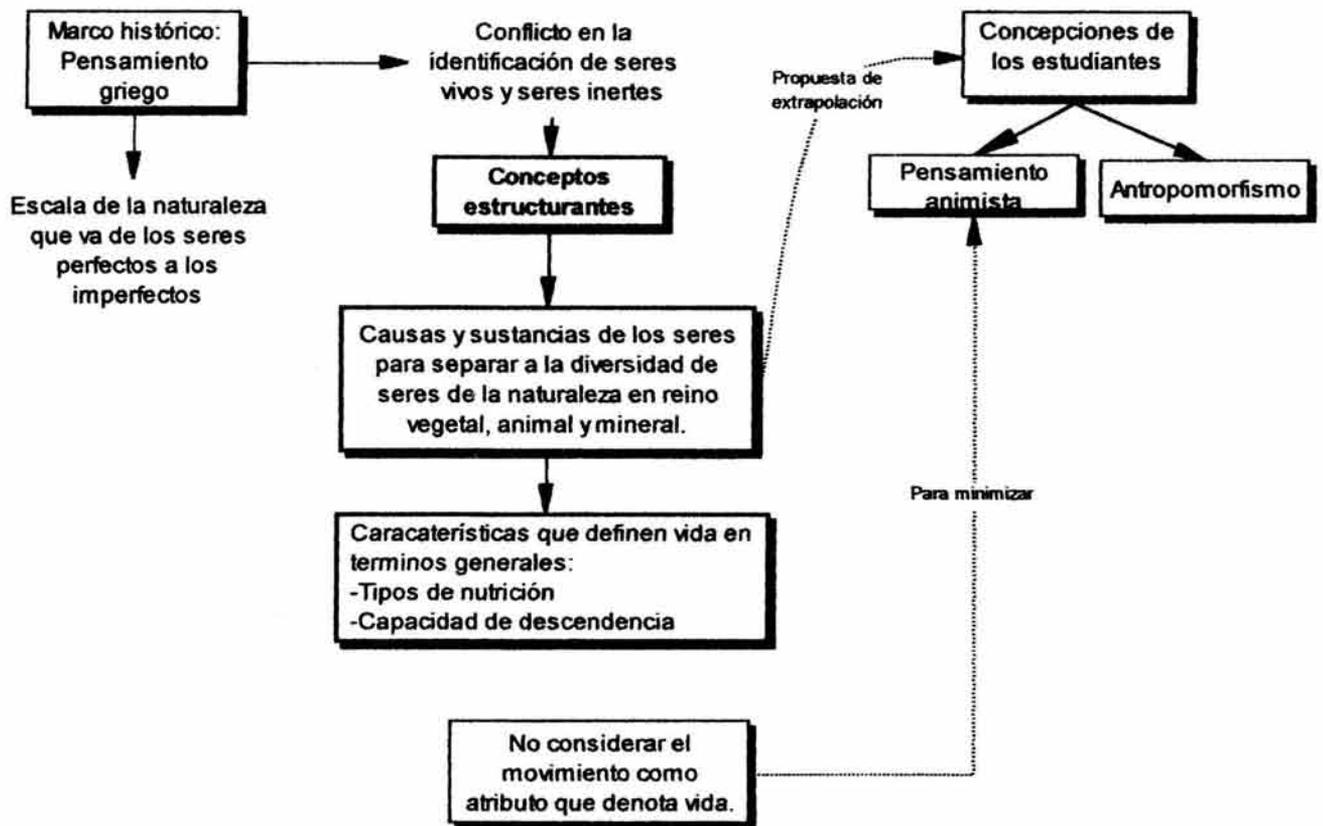


Figura 5.3. Comparación de las ideas históricas y las ideas previas de los estudiantes en relación a la diferenciación de la materia orgánica e inorgánica.

■ **SEGUNDA SITUACIÓN Marco histórico 3: La introducción del conocimiento microscópico y la identificación de los seres vivos a partir de características internas (nivel celular).** La ideas previas analizadas muestran que aparentemente el conocimiento de la célula se presenta en el pensamiento de los alumnos como atributo para identificar y agrupar seres vivos a partir del nivel secundaria, sin embargo dicho conocimiento se aleja en mucho del acercamiento científico que se le da a éste término, esto es la consideración de la célula como la unidad de estructura, función y origen de los seres vivos. La percepción del nivel celular se visualiza en los estudiantes en términos de tamaño, situación que permite reconocer organismos vivos unicelulares y pluricelulares, dando así apertura al conocimiento del mundo microscópico que generalmente se integra por los microorganismos o microbios. En algunos casos la célula es empleada para hacer distinción entre el reino animal y vegetal en donde se hacen enfáticas diferencias en la estructura celular de ambos grupos, estas diferencias sin embargo no se fundamentan en un conocimiento profundo y analizado de la célula, en donde por ejemplo se reconozca la función de estructuras celulares como los

cloroplastos o las mitocondrias. Frecuentemente los alumnos recurren al criterio celular de manera muy superficial, al afirmar por ejemplo que las plantas son diferentes a los animales porque sus células son verdes o porque simplemente son diferentes. Esta percepción puede ser rescatable sobre todo por el hecho de que en el pensamiento de los estudiantes se empieza a formar una visión más abstracta sobre el conocimiento de la diversidad biológica, términos en los que básicamente se fundamenta el arreglo de cinco reinos propuesto por Whittaker. La percepción del nivel celular en el pensamiento de los alumnos tienen un perfil muy parecido al expuesto en el esquema histórico, por tanto los conceptos históricos involucrados en este desarrollo se emplean a continuación como fuente tanto para la formación del conocimiento como para la reorientación que tienen los estudiantes acerca de la constitución celular de los seres vivos. En primera instancia el descubrimiento del mundo microscópico comparte similitudes tanto en el pensamiento histórico como en el de los estudiantes al reconocerse en ambos casos la existencia de organismos que no pueden ser observados a simple vista y de organismos fácilmente distinguibles. En la línea del tiempo, esta situación desató grandes controversias en cuanto a ordenamiento biológico se refiere pues en un principio los seres microscópicos fueron arreglados considerando un sistema de dos reinos, idea que más tarde se abandonó debido a la presencia de características que no compaginaban ni con las de las plantas ni con las de los animales, resultando así la formación del reino Protista, idea que se propone extrapolar al pensamiento de los alumnos como primer paso hacia la formación de un conocimiento celular, con la pretensión de ofrecer a los alumnos la posibilidad de considerar otro grupo de seres vivos diferente a las plantas y animales para ordenar a aquellos organismos que por su tamaño nombran como microbios pero que identifican como "animales pequeños".

El descubrimiento de la célula cambió la percepción que se tenía del mundo microscópico, pues a partir de este conocimiento el arreglo de los seres vivos no dependió más de características macroscópicas trasladadas a seres microscópicos si no de características completamente contextualizadas dentro del concepto de célula tales como el número, la forma y las estructuras celulares. De esta forma la siguiente extrapolación propuesta del análisis histórico hacia el conocimiento de los estudiantes radica justamente en el conocimiento de la célula como la unidad estructural de los seres vivos, considerando que a partir del nivel secundaria, los alumnos integran en sus ideas el concepto de célula para hacer distinción entre las plantas y los animales. En esta extrapolación se hace énfasis en la distinción de celulares eucariontes y procariontes debido a que este conocimiento es uno de los principales criterios empleados en la propuesta de clasificación de cinco reinos de organismos. En el esquema siguiente se presenta la comparación precedente, nótese que la propuesta se divide en dos partes; la primera emplea la formación de un tercer reino para atender el pensamiento estudiantil relacionado con el tamaño de los organismos y la segunda da cuenta en si de un conocimiento totalmente fundamentado en el conocimiento celular, tarea que como lo muestran las ideas previas de los alumnos requiere de altos grados de abstracción.

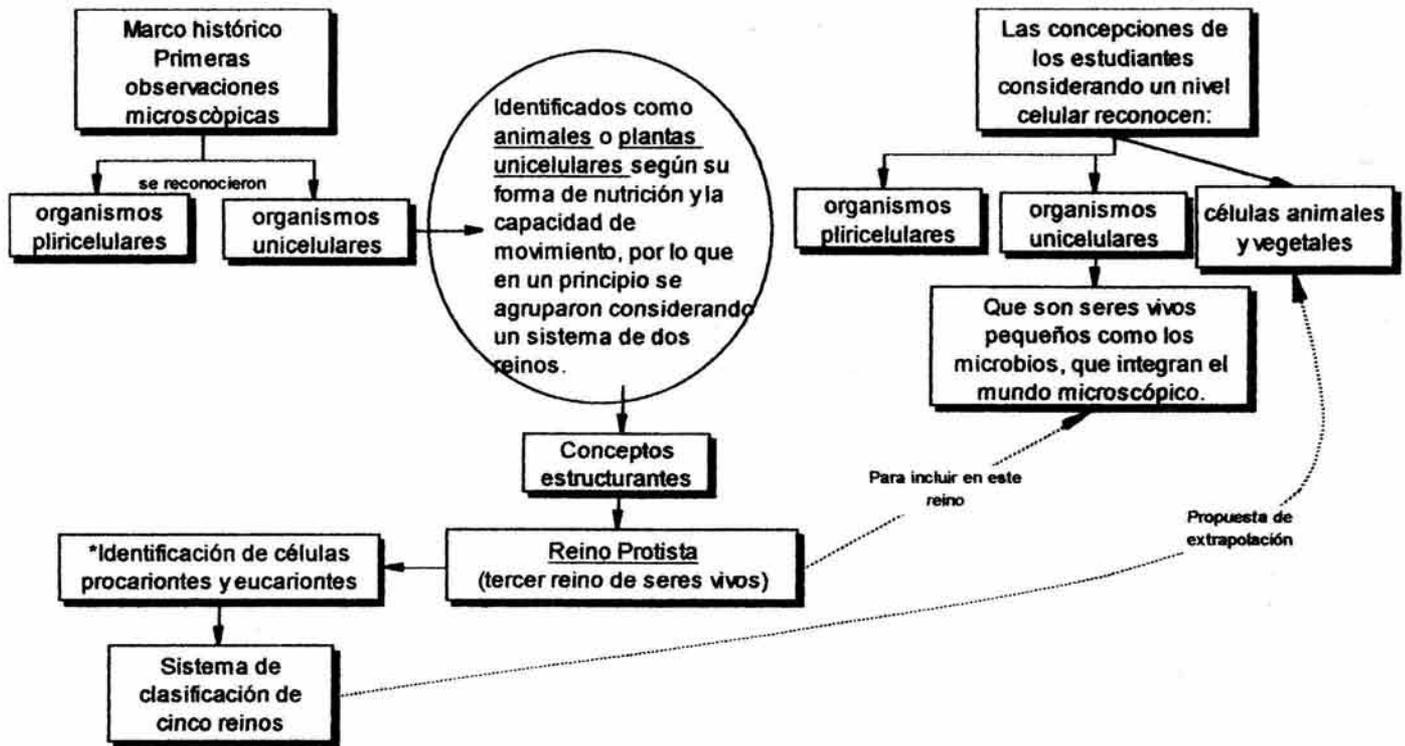


Figura 5.4. Comparación de las ideas históricas y las ideas previas de los estudiantes relacionadas con el arreglo de la diversidad biológica a partir del conocimiento de la célula.

■ **TERCERA SITUACIÓN Marco histórico 3: La división dicotómica de los seres vivos en reino animal y vegetal y el agrupamiento de los seres vivos a partir de prototipos y tipo de hábitat.**

Una tendencia marcada en el pensamiento de los estudiantes tanto de primaria como de secundaria es la de reconocer como seres vivos únicamente a las plantas y a los animales a partir de atributos relacionados con la apariencia, la conducta y el hábitat. Esta forma de estereotipación dentro del pensamiento de los estudiantes probablemente es la causa que conduce a la división dicotómica del arreglo de los seres vivos, y dentro de cada grupo de estos grupos a la formación de subdivisiones como la agrupación de organismos terrestres o acuáticos o incluso la adopción de categorías taxonómicas científicamente reconocidas tanto para plantas como para animales. La formación de dicotomías es un procedimiento común que emplean tanto los estudiantes de primaria como de secundaria, sin embargo esta forma de clasificación frecuentemente conduce a arreglos muy limitados en los que se emplean como atributos características marcadamente estereotipadas con las cuales pobremente se logra dar cuenta de la diversidad biológica. Como obstáculo epistemológico la división dicotómica de los seres vivos tuvo una marcada trascendencia reconocida

desde la etapa griega hasta principios del siglo XVIII, pues a pesar del establecimiento de un mundo mineral, donde se catalogaba a las plantas por carecer de movimiento, y del descubrimiento de organismos microscópicos, no fue si no hasta el establecimiento de la teoría celular cuando se empezaron a considerar atributos basados en la constitución celular para romper la marcada tradición de agrupar a la diversidad biológica dentro de un reino animal o vegetal.

En la siguiente extrapolación se propone emplear el concepto de célula como medio para superar la división dicotómica planta-animal identificada desde los primeros grados de la educación básica y en la cual el uso características macroscópicas resulta ser uno de los principales obstáculos que se presentan en el conocimiento de los estudiantes acerca de la biodiversidad, conflicto presente también en el desarrollo histórico y que fue superado justamente con el concepto de célula. Es importante señalar que la pretensión de incluir en el conocimiento de los estudiantes la concepción celular no atiende el caso de la agrupación de organismos empleando estereotipos, como lo es también en la situación histórica, ya que en este sentido las cuestiones se inclinan más hacia aspectos ecológicos. En la siguiente representación se presenta la comparación y la propuesta de extrapolación.

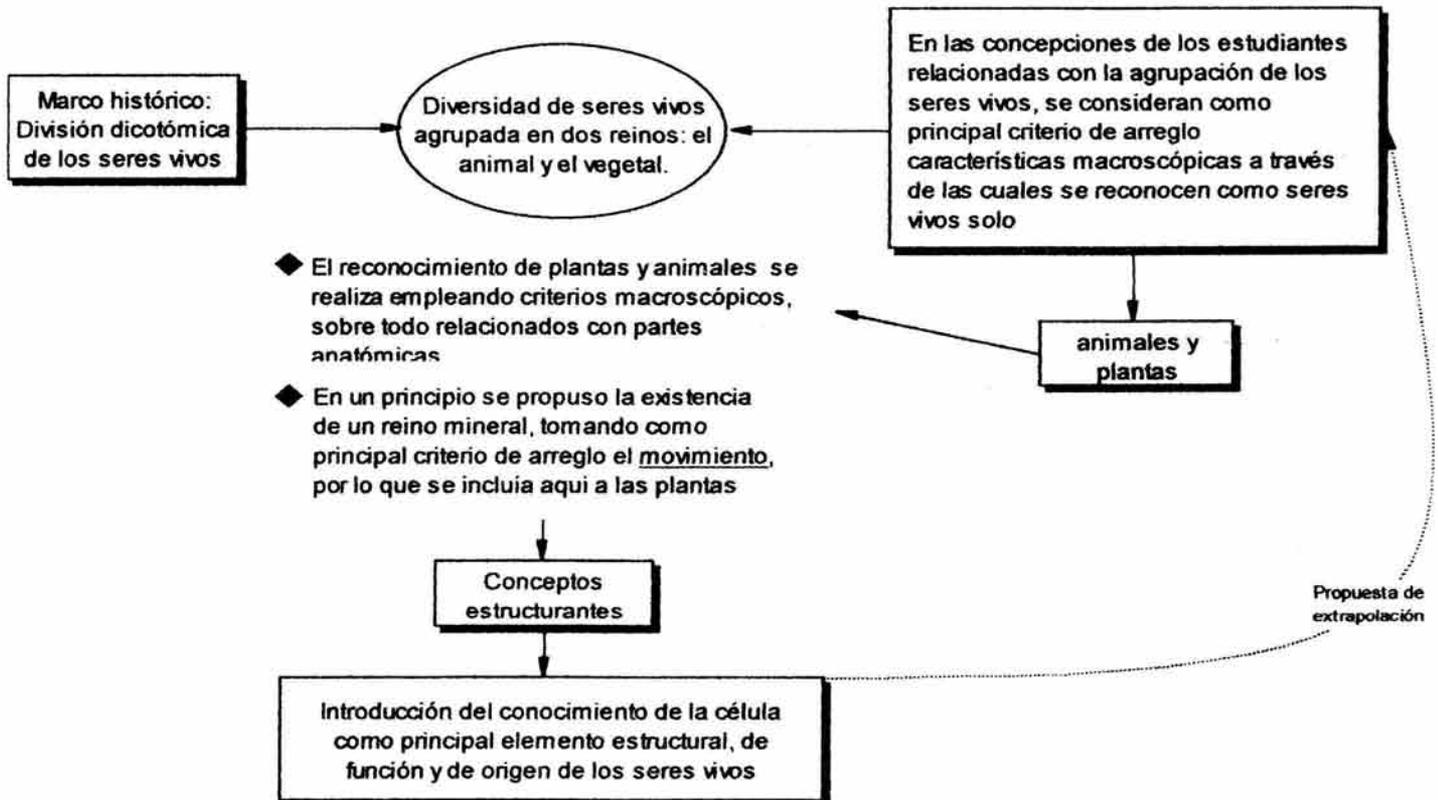
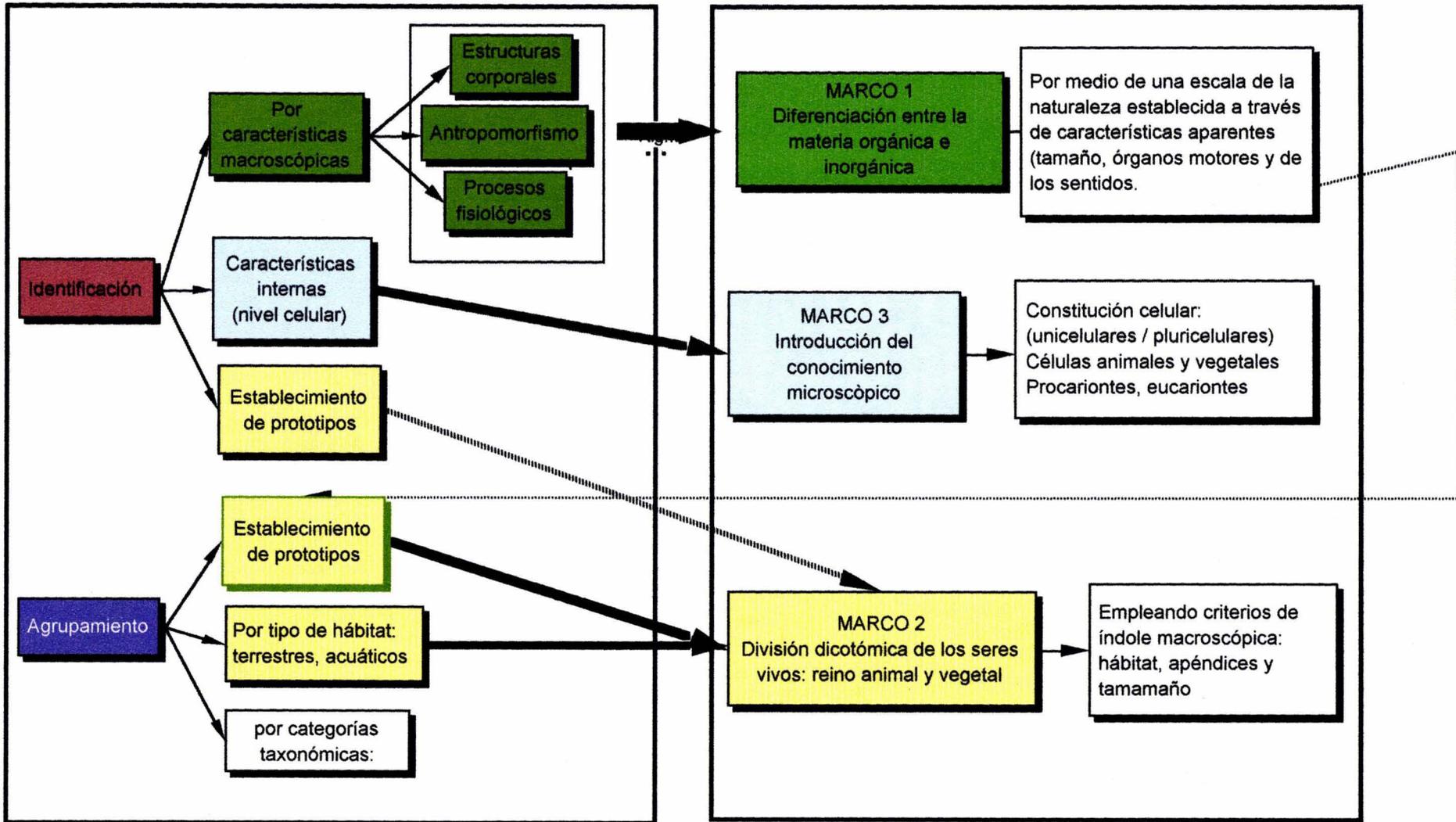


Figura 5.5. Comparación de las ideas históricas relacionadas con la división dicotómica planta animal y las ideas previas de los estudiantes.

FIGURA 5.2 COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS EMPLEADOS POR LOS ESTUDIANTES EN LA CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA CON LOS ATRIBUTOS IDENTIFICADOS EN LA HISTORIA

ATRIBUTOS EMPLEADOS POR LOS ESTUDIANTES

ATRIBUTOS EMPLEADOS EN LOS MARCOS DE REFERENCIA HISTÓRICOS



5.3 Selección de contenidos

5.3.1 Consideraciones previas

Tras la inferencia de los principales problemas conceptuales reconocidos a través del análisis categorial de las ideas previas, así como de la identificación de los principales obstáculos epistemológicos y de los subsecuentes conceptos estructurantes advertidos en la revisión del desarrollo histórico, se muestran los contenidos seleccionados para la enseñanza de la clasificación de los seres vivos en la primaria y secundaria haciendo las siguientes consideraciones:

1. Sobre la estructuración de los contenidos. Las ideas previas analizadas muestran dos procesos relevantes que subyacen en el pensamiento de los estudiantes: la identificación y la agrupación de seres vivos. Ambos procesos equivalen tal y como lo menciona Mayr (1995) a dos niveles cognitivos diferentes, el primero atiende en sí generalizaciones sobre el conocimiento de los seres vivos realizadas a través del empleo de características macroscópicas que finalmente llevan a la formación de estereotipos, el segundo en cambio resulta ser una tarea que requiere de más niveles de abstracción, tanto por el razonamiento que se le da a los atributos empleados como por la utilización de características de nivel microscópico. La identificación fue reconocida en ambos niveles educativos en los tres grupos de seres vivos revisados, en cambio la agrupación se reconoció para los animales solamente en la secundaria, para las plantas en ambos niveles educativos y resulto ausente en el caso de los microorganismos. Considerando las anteriores situaciones tanto la identificación como la agrupación fungen en esta propuesta como los ejes principales en torno al cual se organizan los contenidos seleccionados debido a la carga conceptual que ambos representan, de esta manera se busca atender los problemas conceptuales que subyacen detrás de ellos y que provocan conflictos en el aprendizaje del conocimiento de la diversidad biológica.

El estudio de la identificación y la agrupación de seres vivos no debe considerarse como dos procesos que requieren de enseñanza individual ya que uno lleva al siguiente, sin embargo es importante tomar las reservas pertinentes en cada caso, sobre todo cuando se considera uno como referencia para dar paso al nivel siguiente, ya que como lo indican las ideas previas, frecuentemente una pobre y estereotipada identificación origina agrupaciones semejantes.

2. El papel de la historia en la selección de los contenidos: El conocimiento de la diversidad biológica representa desde el punto de vista histórico línea de estudio completa que con el paso del tiempo fue estructurándose a través de obstáculos epistemológicos superados por conceptos estructurantes hasta finalmente llegar a conformar las teorías actuales de la clasificación biológica, esta situación puede extrapolarse al ámbito educativo para considerar la enseñanza de esta temática como un conjunto integral de ideas al que resulta imprescindible otorgar la continuidad necesaria en mejora de su aprendizaje. Esta consideración se hizo evidente tras la revisión realizada a los planes y programas de estudio de nuestro sistema educativo, en el cual para la formación básica la enseñanza

del conocimiento y arreglo de los seres vivos se estudia con base en dos ejes completamente fraccionados que están delimitados por sus dos niveles educativos, esta situación provoca que en la transición de un nivel educativo a otro existan grandes lagunas de conocimiento que impiden formar las bases necesarias para continuar con el aprendizaje del conocimiento de los seres vivos iniciado en los primeros años de la educación primaria.

3. Orientación y retos de la propuesta de la enseñanza: La organización de los contenidos se orienta hacia un enfoque formativo que se fundamenta en su totalidad en las ideas previas de los estudiantes. La pretensión primordial de esta propuesta es la de contemplar la enseñanza de la diversidad y clasificación biológica como una temática que constituye un eje completo del conocimiento, al cual debe darse la continuidad y seguimiento necesarios para su estructuración adecuada en el pensamiento de los alumnos.

Es por esta razón que los contenidos se organizan considerando un solo eje integrador para primaria y secundaria, con la finalidad de evitar los saltos conceptuales de un nivel educativo a otro. Además en este eje se propone que el aprendizaje de la clasificación biológica sea abordado como un proceso gradual que vaya de lo general a lo particular, cubriendo en cuanto se posible los conceptos estructurantes más elementales, que adecuados al nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos permita superar sus obstáculos de aprendizaje.

5.3.2. Temáticas seleccionadas

Los temas selectos presentados a continuación se organizan bajo la estructura siguiente:

1. Temáticas relacionadas con la identificación de los seres vivos
 - a) Por atributos macroscópicos
 - b) Por atributos ecológicos
 - c) Por atributos microscópicos
2. Temáticas relacionadas con la agrupación de los seres vivos
 - a) Por atributos macroscópicos
 - b) Por atributos microscópicos

◆ **Temáticas relacionadas con la identificación de seres vivos**

La identificación resulta ser la base de la cual parte el aprendizaje del conocimiento de los seres vivos, este proceso permite reconocer las características elementales que señalan la presencia de vida dentro de la naturaleza. En esta propuesta, la enseñanza de la identificación esta dirigida a atender dos casos particulares de la problemática conceptual; el primero es el reconocimiento en si de las características que diferencian a los organismos vivos de la materia inerte, y el segundo la identificación de características particulares de los seres vivos que dan pie a la noción de diversidad

biológica. Con esta idea se pretende que los alumnos empiecen a reconocer desde los primeros grados escolares la inmensidad de la biodiversidad, sin hacer largas escalas que vayan desde los seres vivos de su entorno inmediato hasta aquellos que pertenecen a ecosistemas lejanos a su pensamiento. Se busca también eliminar la prevaleciente idea de que los seres vivos están constituidos solo por las plantas y los animales que habitan en su medio inmediato, pensamiento que con el paso del tiempo se refuerza al integrar información de ejemplares zoológicos, de granjas o de mascotas, de esta forma se busca que los alumnos amplíen su visión acerca del conocimiento de la diversidad biológica acercando a los alumnos al conocimiento de esta temática desde los primeros grados escolares.

De esta forma el proceso de identificación se aborda a partir de tres características distintas emergidas directamente de las ideas previas de los alumnos con la finalidad de atender las necesidades conceptuales identificadas en ellas.

a) Identificación empleando características macroscópicas

El uso de características macroscópicas a partir de las primeras etapas de la educación básica está dirigido hacia el reconocimiento de la diversidad de los seres vivos por medio del establecimiento de similitudes y diferencias realizadas a partir de lo que los estudiantes pueden apreciar a simple vista. Los atributos considerados en estas características corresponden a aquellos empleados por los estudiantes, organizados a manera de evitar conflictos tanto en la forma general como particular de identificar a los seres vivos. De esta forma se proponen bajo este marco de identificación las siguientes cuatro temáticas:

1. Características generales de los seres vivos. Un primer acercamiento al conocimiento de los seres vivos se realiza a partir de la identificación de las características que los hacen diferentes del resto de los seres de la naturaleza. La identificación en este sentido busca que los alumnos reconozcan los atributos que permiten denotar vida en un ser, tal como la capacidad de perpetuación, el crecimiento, la alimentación y la respiración, en busca de la formación de generalizaciones sin considerar aspectos particulares de ningún grupo de seres vivos a manera de evitar la construcción de estereotipos.
2. Conocimiento de la diversidad de los seres vivos empleando características aparentes. La identificación en este sentido busca que los alumnos amplíen el conocimiento acerca de la variedad de seres que integran el mundo vivo a partir de una división dicotómica que no se sitúa, como es tradicional, entre las plantas y los animales, sino entre el mundo macroscópico y el microscópico. Puede resultar cuestionable introducir tan tempranamente la noción de la existencia de seres vivos que no son apreciados a simple vista, sin embargo resulta importante superar la arraigada idea de que los seres vivos están conformados solo por plantas y animales macroscópicos. La introducción al conocimiento de la diversidad microscópica se realiza con base en representaciones abstractas que se abordan a manera de apreciaciones aparentes y que no involucran en ningún caso la necesidad

de antecedentes sobre el conocimiento microscópico tales como la estructura celular o procesos metabólicos, así pues, la identificación del mundo microscópico se realiza considerando aspectos como el tamaño, la proximidad espacial y la función que desempeñan en diversas situaciones. Por su parte, la identificación del mundo macroscópico se realiza en términos de la diversidad del tamaño, del hábitat y de características estructurales tales como la presencia o ausencia de huesos y extremidades

3. Características particulares de los seres vivos en términos de estructura y función. A partir de las generalizaciones anteriores, la identificación en esta temática persigue el reconocimiento de características particulares en los seres vivos que permitan distinguir a las plantas y a los animales como dos grupos distintos del mundo vivo, en este caso no se integra al grupo microscópico debido a que los atributos considerados corresponden a características de estructuras corporales y función, aspectos que resultan de difícil apreciación en ellos, sobre todo porque están considerados en términos de estructuras aparentes que puedan ser reconocidos a simple vista. Las estructuras corporales involucradas en esta diferenciación están planteadas

4. Características particulares de los seres vivos empleando atributos relacionados con procesos fisiológicos concebidos como características aparentes. En edades tempranas la idealización de procesos fisiológicos en los seres vivos son generalmente percibidos como características aparentes, es decir que pueden ser apreciadas a simple vista. Frecuentemente el reconocimiento de estas características en los seres vivos se determinan a partir de la comparación con características humanas, es por esta razón que los contenidos propuestos en este apartado no hacen consideraciones particulares en relación con las características fisiológicas de los seres humanos, buscando con ello la idea de incluir en el pensamiento de los estudiantes que el hombre no conforma por si solo un grupo individual de los seres vivos, si no que forma parte de uno y por tanto comparte características semejantes a otros organismos. De esta forma, la organización de los contenidos se dirige a identificar procesos fisiológicos aparentes tanto en las plantas como en los animales, considerando aquellos que son familiares para los estudiantes como la reproducción, alimentación, respiración y crecimiento.

b) Identificación de seres vivos empleando características de orden ecológico

El estudio de la identificación a partir de atributos ecológicos se enmarca como un apartado individual de las características macroscópicas debido a la carga conceptual que se involucra en ellos. Los aspectos ecológicos empleados como criterios de identificación se plantean en el pensamiento de los estudiantes a partir de influencias sociales que dan como resultado identificaciones marcadamente restringidas limitadas por el conocimiento que se tienen de los seres vivos. Los contenidos que se incluyen en este apartado pretenden que los aspectos ecológicos sean visualizados en función de las relaciones que se establecen entre los distintos tipos de organismos y los ambientes que habitan y a

partir de esta interacción introducir a los estudiantes al estudio de las relaciones ecológicas, para esta finalidad de se proponen las siguientes dos temáticas:

Identificación a partir del hábitat. La idea de considerar el tipo de hábitat como criterio de identificación se fundamenta en el reconocimiento de las adaptaciones que tienen los organismos al medio que habitan, para de esta forma, como primer paso, se identifiquen las principales características de los organismos terrestres y acuáticos y posteriormente amplien el conocimiento sobre la diversidad de ambientes pero en términos de interacción ser vivo-ecosistema.

5. Reconocimiento de niveles tróficos. Con base en el conocimiento de la interacción de los seres vivos con el lugar que habitan, se introduce el estudio de las relaciones ecológicas que se establecen en los ecosistemas como medio para identificación de seres vivos, así el estudio de las redes alimenticias busca promover el conocimiento de los principales componentes vivos que forman parte de esta interacción.

c) Identificación de seres vivos empleando características microscópicas

El uso de características microscópicas para la identificación de seres vivos se relaciona directamente con el conocimiento del concepto de célula, que tanto en primaria como en secundaria se fundamenta en términos de tamaño. Esta situación hace que el propio término resulte conflictivo para los alumnos, porque es algo que no pueden apreciar a simple vista, pero que saben que existe a través de inferencias hechas por información que generalmente proviene de fuentes informales. El inicio en el estudio de la célula busca primordialmente que los alumnos reconozcan que está es una característica exclusiva de los seres vivos y que puede considerarse como criterio para identificar diferentes grupos de ellos, como es el caso de las plantas y animales, además pretende también introducir en los alumnos la noción de que esta característica denota niveles de organización en la materia viva. Los contenidos para abordar este tema se enfocan en dos puntos principales, propuestos para ser enseñados en el último grado de la educación primaria y en la secundaria debido a los niveles de abstracción que requieren.

7. Niveles de organización de la materia viva. Partiendo de lo particular, la identificación de los seres vivos empleando características microscópicas se sitúa primeramente en la constitución química de estos organismos sin el afán de introducir conceptos que resulten de difícil comprensión. Se sugiere aproximarse al conocimiento de los llamados bioelementos y destacar la importancia de los compuestos orgánicos por medio de ejemplos que resulten familiares

8. Introducción al conocimiento de la célula. La enseñanza del concepto de célula pretende que esta sea incorporada como una característica que define a la materia orgánica, no en función de su tamaño sino en función del papel estructural que desempeñan como unidades básicas de los seres vivos. Además se busca también formar en los alumnos la concepción de que las células realizan, las mismas funciones que todo ser vivo, y que en los tanto en los organismos microscópicos como en

los microscópicos, de estas funciones depende el funcionamiento del cuerpo. Por otra parte en términos de estructura celular se hace enfático el conocimiento sobre los tres elementos funcionales de la célula: núcleo, citoplasma y sistema membranal, así como la identificación de células animales y vegetales a través del reconocimiento de diferencias estructurales.

◆ **Temáticas relacionadas con la agrupación de seres vivos**

a) Agrupación determinada por características macroscópicas

La agrupación puede apreciarse como el paso siguiente de la identificación, los atributos que los estudiantes consideran en este proceso generalmente son los mismos utilizados en la identificación, situación que hace evidente que la agrupación resulta estar casi ausente en el pensamiento de los alumnos. La forma más común de agrupar se realiza con base en la formación de prototipos que se construyen a partir de generalizaciones hechas en la identificación, esto provoca que los grupos propuestos para organizar a los organismos así como las características empleadas para la asignación de grupos presenten altos grados de restricción. En los primeros años escolares la agrupación se limite a considerar aspectos de índole macroscópica, y posteriormente ya en el último ciclo de la educación primaria y durante la secundaria, se aborden para este proceso los aspectos microscópicos. Las temáticas propuestas para abordar estas problemáticas son las siguientes:

1. Agrupación partir de aspectos ecológicos. La agrupación de seres vivos considerando atributos ecológicos se aborda a partir de dos situaciones diferentes, la primera tomando en cuenta las adaptaciones que tengan al medio que habitan para agruparlos en terrestres o acuáticos y la segunda, que contempla criterios más amplios, al introducir la noción del conocimiento de ecosistema, la dinámica que se establece en ellos, algunos ejemplos que les resulten familiares, así como la distinción de los organismos que los componen.
2. Agrupación a partir de aspectos morfológicos y de apariencia. En esta temática se plantean el estudio de las principales características morfológicas y fisiológicas de las plantas y animales, para reconocer la diversidad de grupos en cada conjunto, considerando atributos como estructuras corporales, tipo de alimentación, estructuras para la reproducción etc.
3. Agrupación por el tipo de nutrición. Se aborda con esta temática la formación de grupos de seres vivos con base en dos tipos de nutrición: la autótrofa y la heterótrofa. Si bien aunque la nutrición autótrofa resulta ser un tema abstracto y complejo es necesaria comenzar la formación de nociones respecto al tema, ya que en niveles más adelantados este criterio se considera como característica esencial para la clasificación de seres vivos, en cuanto a la nutrición heterótrofa la agrupación se centra en el reconocimiento de organismos herbívoros, carnívoros y omnívoros.

b) Agrupación determinada por características microscópicas (de estructura celular)

4. La célula. A partir del conocimiento sobre la identificación de los seres vivos con base en criterios microscópicos, el empleo del concepto de célula para la agrupación de seres vivos se enfoca en términos de estructura en relación a la constitución celular de los organismos para reconocer y agrupar seres vivos unicelulares y pluricelulares. Es también a partir de la estructura celular como introduce la noción de clasificación biológica a través del conocimiento y diferenciación de células procariontes y eucariontes para remarcar que la división más grande que se da entre los seres vivos no es la que los agrupa en plantas y animales, sino que la que se establece a partir de las características de cada tipo de organismo. Siguiendo este contexto, con la diferenciación de células procariontes y eucariontes se introduce en este mismo apartado la clasificación de los seres vivos con base en cinco diferentes reinos, este sistema de clasificación da cuenta de la organización celular y la forma de nutrición de los organismos, y aunque resulta más complicado refleja mejor las diferencias que hay entre los grupos del mundo vivo.

En los cuadros siguientes se presenta la organización de los temas y subtemas, se incluyen también los problemas conceptuales que atienden y la referencia histórica donde se sitúa el problema conceptual.

CUADRO 5.2. Temáticas seleccionadas para la enseñanza de la clasificación biológica determinadas a partir de criterios de identificación.

Temática Propuesta	Problema conceptual que atiende	Referencia Histórica
<p align="center">IDENTIFICACIÓN POR CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS.</p>		
<p>1. Características generales de los seres vivos Identificación de seres vivos empleando atributos de orden macroscópico que permitan reconocer características que en términos generales definen a los seres vivos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ La conceptualización de un ciclo de vida ▶ Crecimiento ▶ Capacidad de perpetuación ▶ Forma de generación ▶ Tipos de alimentación <p>2. Conocimiento de la diversidad de los seres vivos empleando características aparentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diversidad macroscópica en términos de características aparentes <p>1. Identificación por tamaño 2. Identificación por hábitat 3. Identificación por características estructurales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificación de la diversidad microscópica a partir de representaciones abstractas pero que no involucran propiamente características microscópicas: <p>1. Identificación de microorganismos en términos del tamaño y la proximidad espacial. 2. Identificación de microorganismos a partir de la función que desempeñan:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Como agentes causales de enfermedades b) Como agentes degradadores de materia orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Diferenciación entre seres vivos y objetos inertes. ▶ El movimiento como principal característica que denota vida. ▶ Animismo <ul style="list-style-type: none"> ▶ División dicotómica de los seres vivos en plantas y animales <ul style="list-style-type: none"> ▶ Empleo de prototipos para identificar animales, plantas o microorganismos. <ul style="list-style-type: none"> ▶ Antropomorfismo en la identificación de microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Causas y sustancias de los seres a partir de las cuales se propone la existencia del reino mineral para diferenciar el mundo vivo del inerte tomando como principal criterio de diferenciación el <u>movimiento</u>, característica que sin embargo produce confusión en el reconocimiento de las plantas como seres vivos. ▶ Establecimiento de una escala de la naturaleza (marco histórico 1) <ul style="list-style-type: none"> ▶ En una propuesta inicial a partir de consideraciones del tipo de nutrición y la capacidad de movimiento los seres microscópicos observados por vez primera fueron identificados como plantas y animales unicelulares y arreglados por tanto bajo el patrón dicotómico planta- animal, más tarde esta idea se abandonó al surgir la propuesta de un tercer reino denominado "protista" (marco histórico 3)

Continuación del CUADRO 5.2.

Temática Propuesta	Problema conceptual que atiende	Referencia Histórica
<p>3. Características particulares de los seres vivos en términos de estructura y función</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ La estructura del cuerpo de los animales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Estructuras para la reproducción 2. Estructuras para la alimentación 3. Estructuras para la respiración 3. El crecimiento ▶ La estructura del cuerpo de las plantas <ol style="list-style-type: none"> 1. Estructuras para la reproducción 2. Estructuras para la nutrición 	<p>▶ Reconocimiento de los seres vivos a través de estructuras corporales.</p>	<p>Establecimiento de una escala de la naturaleza determinada a partir de características aparentes como el tamaño, órganos motores y de los sentidos. (marco histórico 1)</p>
<p>4. Características particulares de los seres vivos empleado atributos relacionados con procesos fisiológicos concebidos como características aparentes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Procesos fisiológicos aparentes en los animales <ul style="list-style-type: none"> ▶ Reproducción sexual ▶ Nutrición heterótrofa ▶ Respiración ▶ Crecimiento 2. Procesos fisiológicos aparentes en las plantas <ul style="list-style-type: none"> ▶ Reproducción sexual ▶ Nutrición autótrofa 	<p>▶ Reconocimiento de los seres vivos empleando como criterios aparentes algunos procesos fisiológicos que conducen a la formación de antropomorfismos y antropocentrismos.¹</p>	<p>▶ Ver escala de naturaleza (marco histórico 1)</p>

¹ Antropomorfismo se refiere a la comparación de estructuras corporales humanas para reconocer estructuras corporales en los animales, las plantas o los microorganismos, mientras que antropocentrismo se emplea para indicar el uso de características humanas en el reconocimiento de características de otros seres vivos.

Continuación del CUADRO 5.2.

Temática Propuesta	Problema conceptual que atiende	Referencia Histórica
<p>IDENTIFICACIÓN DE SERES VIVOS EMPLEANDO CARACTERÍSTICAS DE ORDEN ECOLÓGICO</p> <p>5. Hábitat ▶ Organismos de ambientes terrestres ▶ Organismos de ambientes acuáticos</p> <p>6. Reconocimiento de niveles tróficos en las tramas alimenticias: ▶ Productores</p> <p>▶ Consumidores -herbívoros, carnívoros ▶ Desintegradores</p>	<p>▶ Identificación de los seres vivos a partir de aspectos ecológicos determinados por la influencia social.</p>	<p>▶ División dicotómica de los seres vivos determinada bajo criterios postulados según “el sentido de la razón”, en esta etapa se introduce el uso de criterios obtenidos a partir de la observación directa de la naturaleza, entre los que se incluyen la forma de vida, costumbres y partes anatómicas de los seres vivos. (marco histórico 2)</p>
<p>IDENTIFICACIÓN DE SERES VIVOS EMPLEANDO CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS (DE ESTRUCTURA CELULAR)</p> <p>7. Niveles de organización de la materia viva ▶ Composición química de los seres vivos (bioelementos)</p> <p>8. Introducción al conocimiento de la célula ▶ La célula como unidad estructural, de función y origen de los seres vivos ▶ La célula como unidad anatómica de los tejidos, órganos y sistemas de los seres vivos. ▶ Células animales y vegetales</p>	<p>▶ Reconocimiento de seres vivos a través de características microscópicas como la diferenciación entre células animales y vegetales.</p>	<p>▶ Establecimiento de los postulados de la teoría celular. (marco histórico 3)</p>

Continuación del CUADRO 5.3.

Temática Propuesta	Problema conceptual que atiende	Referencia Histórica
3. Tipo de nutrición ▶ Nutrición autótrofa ▶ Nutrición heterótrofa		▶ Introducción al conocimiento de la célula que representó una nueva forma de clasificar a los seres vivos.
AGRUPACIÓN DETERMINADA POR CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS (DE ESTRUCTURA CELULAR)		
4. Célula ▶ Constitución celular (características de los organismos pluricelulares y unicelulares) ▶ Características de las células procariontes y eucariontes ▶ Sistema de clasificación de cinco reinos analizada a partir del criterio celular.	▶ Empleo discriminado del concepto de célula como criterio para la identificación y agrupación de seres vivos ▶ División dicotómica de los seres vivos en reino animal y vegetal. ▶ Uso exclusivo de características macroscópicas en la agrupación de los seres vivos.	▶ Introducción del conocimiento de la célula que representó una nueva forma para abordar la clasificación biológica, ya que a partir de ella se postularon los principales conceptos que dieron origen al sistema de clasificación de cinco reinos de organismos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La importancia que en últimas fechas se le ha dado a la enseñanza de la biología fundamentada en las ideas previas de los estudiantes ha despertado en investigadores de varias partes del mundo el interés cada vez mayor por abordar temas que en este campo han sido poco estudiados, desafortunadamente en México este interés es relativamente nuevo, situación que puede apreciarse por los casi nulos trabajos que se han realizado en nuestro país con relación al conocimiento y estudio de las ideas previas.

Las investigaciones sobre las ideas previas constituyen para la educación una nueva forma de abordar las problemáticas más comunes en el aula, y después de varios años de investigación en este campo se han tenido frutos tan satisfactorios como: la elaboración de currícula escolares que abordan temáticas biológicas elementales, fundamentadas completamente en las ideas previas de los estudiantes. No se trata simplemente de indagar sobre el contenido del conocimiento previo en términos de identificar cuáles son los errores conceptuales de los alumnos, ni tampoco de formar abundantes colecciones de ideas sobre uno u otro tema biológico, se trata de trabajar con toda la información recabada tras tres décadas de estudio para elaborar propuestas que apoyen la enseñanza y el aprendizaje significativo de los tópicos biológicos.

Abordar de manera adecuada la enseñanza no sólo de temáticas biológicas, sino temáticas del conocimiento en general, podría asegurar un aprendizaje significativo, de aquí que surja el interés por mejorar cada vez más los métodos de enseñanza así como la selección, secuencia y profundidad de los contenidos a enseñar, para delimitar en cuanto sea posible, los conocimientos y las estrategias para hacerlo.

Desafortunadamente, aunque se ha puntualizado la importancia de incluir en la elaboración de los currícula, el análisis de diversas fuentes para la adecuada la selección de contenidos, la realidad indica que los programas escolares con que se trabaja actualmente en nuestro país sufren de carencias pedagógicas, psicológicas y disciplinares evidentes, dando como resultado programas extremadamente cargados de información que dan cuenta sólo del cumplimiento de un requisito disciplinar, más que de un verdadero interés por mejorar la calidad de la enseñanza científica.

Esta situación puede apreciarse en la organización de los contenidos que se incluyen en los programas del sistema educativo nacional, en donde claramente se observa una saturación de conocimientos, que lejos de asegurar el aprendizaje conducen frecuentemente a interpretaciones equívocas, que son más tarde reconocidas como problemas conceptuales que impiden la aproximación al conocimiento científico.

Así bien, la propuesta de abordar tópicos biológicos a partir de información obtenida del estudio de las ideas previas, es considerada como uno de los principales rumbos encaminados a mejorar la forma de enseñar biología en las escuelas. Con relación a lo dicho anteriormente, la enseñanza de la diversidad y clasificación de los seres vivos resulta esencial para la enseñanza de la biología, primero porque de su revisión parte el conocimiento para la enseñanza de tópicos también esenciales como la evolución, y en segundo lugar porque en él se integra de manera general el interés básico de la biología, esto es el estudio y conocimiento de los seres vivos, de aquí que resulte de primordial atención la adecuada enseñanza de esta temática biológica.

Los problemas conceptuales identificados en las ideas previas relacionados al tema de la clasificación biológica y el análisis de los principales obstáculos epistemológicos reconocidos en la narrativa histórica muestran dos elementos importantes que deben ser considerados en la selección de contenidos. El primero por su parte permite reconocer que en cuanto al conocimiento de los seres vivos se refiere, el pensamiento de los estudiantes diverge hacia dos puntos distintos; el primero de estos, la identificación, da muestra de la necesidad de emplear niveles más concretos para la enseñanza, en cambio el segundo, la agrupación, demanda niveles más abstractos de comprensión en el uso de atributos empleados para clasificar.

En términos de problemas conceptuales, tanto la identificación como la agrupación integran básicamente tres temáticas que causan conflicto para el reconocimiento y el arreglo de la diversidad biológica, la primera de ellas se refiere al uso estereotipado de características macroscópicas para identificar a los seres vivos, la segunda al empleo de aspectos de índole ecológico y el tercero, al uso de características microscópicas. Las tres temáticas en conjunto conducen a una visión muy restringida de los seres vivos, en donde las características empleadas para identificarlos, independientemente del sentido que tengan, son resultado de la formación de prototipos construidos ya sea por el contacto entre el aprendizaje formal e informal que causa confusiones en el pensamiento de los alumnos, o por el nivel de influencia social al que son sometidos.

Seleccionar contenidos que traten de atender la superación de estos problemas conceptuales no es una tarea que deba basarse en suposiciones, ni tampoco en la saturación de información, porque lejos de encontrar recursos para conseguirlo sólo se apoyaría la reafirmación de las ideas previas que los causan, es en este punto donde entra la participación de la historia de las ciencias en la búsqueda de estrategias que mejoren la eficacia de los métodos de enseñanza de los tópicos científicos. Como marco teórico para el análisis de las ideas previas, la historia de las ciencias ofrece la oportunidad de emplear tópicos históricos como medio para superar los problemas conceptuales de los alumnos, tomando siempre las reservas pertinentes, así en el caso de la clasificación biológica a través del recorrido histórico se identificaron cuatro puntos que representaron en su debido momento problemas para el avance del desarrollo de la clasificación biológica. De estos cuatro puntos solamente tres correspondieron a problemas también presentes en el pensamiento de los alumnos,

estos son la diferenciación entre la materia orgánica e inorgánica, la división dicotómica de los seres vivos en plantas y animales y las observaciones microscópicas con relación al arreglo de la diversidad biológica.

Los conceptos estructurantes identificados en cada una de las etapas históricas permiten formarse una idea de las temáticas que pudieran dar elementos para superar los problemas conceptuales de los alumnos, para el caso de la enseñanza de la clasificación biológica, a partir de los conceptos estructurantes identificados emergieron doce temáticas diferentes. las primeras ocho pertenecen al proceso de identificación, siguiendo la organización conceptual resultado del análisis de ideas previas, mientras que las cuatro restantes se centran en la agrupación, esta situación permite reconocer que el pensamiento de los estudiante se orienta hacia la forma de encontrar en los seres vivos características que permitan identificarlos como tales, entre las que se pueden mencionar como principales el tamaño, la presencia o ausencia de huesos, pelo o extremidades, el movimiento o la apreciación de procesos biológicos como la alimentación, respiración o reproducción, atributos que comparten la característica de ser considerados macroscópicos y por tanto de orden concreto.

Bajo estas consideraciones se plantea entonces la propuesta de contemplar los atributos que dan cuenta de características concretas para la enseñanza del conocimiento de los seres vivos en términos de identificación para los primeros ciclos de la educación primaria, mientras que la enseñanza en este mismo sentido, pero considerando atributos que requieren de mayor abstracción se plantean ser abordados a partir del sexto grado del nivel primaria y hasta secundaria.

En cuanto a la agrupación de los seres vivos, las temáticas incluidas a este respecto están propuestas para ser abordadas después del segundo ciclo de la educación primaria, cuando de acuerdo a las temáticas propuestas para la identificación, los alumnos hayan construido ya una noción general de las características que definen a los seres vivos ya sean unicelulares o pluricelulares.

La importancia de contemplar las ideas previas de los estudiantes, así como a la historia de la biología como herramientas para seleccionar los contenidos del curriculum permiten reconocer el acrecentado interés que se ha puesto por encontrar estrategias que mejoren la calidad de la enseñanza de la ciencias, sobre todo porque el punto de atención se centra en conocer la interpretación que los alumnos tienen del mundo que les rodea, lo que hace situarlos como ejes principales del proceso de enseñanza en las aulas.

Bajo el propósito de elaborar una propuesta dirigida a los niveles educativos de primaria y secundaria con relación a la enseñanza de la clasificación biológica, el desarrollo de este trabajo permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- ◆ A pesar de que se han realizado un número considerable de investigaciones sobre las ideas previas de los estudiantes relacionadas con el conocimiento de la diversidad biológica, la

información que se ha obtenido de ellas ha sido escasamente empleada en la búsqueda de estrategias que mejoren su enseñanza en las aulas.

- ◆ **Es importante que en nuestro país se de apertura al desarrollo de este campo de investigación, no solo para abordar la situación de la enseñanza de la clasificación biológica, sino para temáticas de la biología en general.**
- ◆ **Es necesario reevaluar la situación de la enseñanza de las ciencias en nuestro país, atendiendo de manera más particular la elaboración de los programas escolares y tomando en cuenta para esta construcción la importancia de considerar equitativamente los aspectos psicológicos, pedagógicos y disciplinares en busca de mejorar la calidad de la enseñanza científica.**

En cuanto al conocimiento de los alumnos en relación a los conceptos relacionados con el conocimiento de la diversidad y arreglo de los seres vivos:

- ◆ **Los estudiantes de primaria y secundaria tienen una apreciación limitada de los seres vivos, frecuentemente tienden a estereotipar su identificación y agrupamiento al emplear atributos que van construyendo a partir de prototipos.**
- ◆ **En estos niveles educativos, el conocimiento de los seres vivos comienza a partir de la atribución de vida a los organismos de la naturaleza, este proceso sin embargo resulta ser una tarea bastante complicada debido a que a menudo atribuyen vida a objetos inanimados o hay dificultad para reconocer a un ser vivo como tal, como es el caso de las plantas. Esta situación se presenta como resultado del uso de criterios estereotipados, como por ejemplo el movimiento, característica que según el pensamiento de los estudiantes denota vida en los organismos.**
- ◆ **Existe un alto de restricción en el empleo de los conceptos animal, planta y ser vivo, debido a que frecuentemente los atributos usados para definir estos términos provienen de ejemplos también restringidos.**
- ◆ **El conocimiento del mundo microscópico resulta casi ausente en el pensamiento de los estudiantes, esta situación probablemente se derive de la dicotomía tradicional planta-animal que se emplea en las escuelas para abordar la clasificación de los seres vivos.**
- ◆ **El empleo de atributos microscópicos para identificar y agrupar seres vivos también es escaso, las pocas ideas emitidas al respecto permiten comprobar un uso inadecuado del concepto de célula así como reconocer que debido a la demanda de abstracción que este tema requiere, es recomendable que sea abordado a partir del primer o segundo grado de la educación secundaria.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angus, J.W. 1981. Children's Conceptions of the Living World. The Australian Teachers Journal, 27 (3): 65-68.
- Ausubel, D.P. , Novak, J.D. & Hanesian, H. 1983. *Psicología educativa: Un punto de vista cognitivo*. México, Trillas.
- Baker, J.W., Allen, G.E., George, J.F. Y Figueroa, I. 1970. *Biología e Investigación Científica*. Fondo Educativo Interamericano. México. 666 p.
- Barahona. A. 1998. La idea de progreso en biología. En: Martínez. S. y Barahona, A. (Eds). *Historia y explicación en biología*. Ediciones Científicas Universitarias, México. pp: 139-154.
- Barberá, A. V. 1995. *Normas Para la Elaboración del Proyecto Curricular. Educación Secundaria Obligatoria*. Colección Educativa al Día, Editorial Escuela Española. Madrid, España. 381 p.
- Bell, B. 1981. When is a animal. not an animal. Journal of Biological Education. 15 (3): 213-218.
- Bell, B. y Barker, M. 1982. Towards a scientific concept on "animal". Journal of Biological Education, 16 (3): 197-200.
- Bolívar, B.A. 1992. *Los Contenidos Actitudinales en el Currículo de la Reforma. Problemas y Respuestas*. Editorial Escuela Española. Madrid, España. 287 p.
- Brusca, R. 1990. *Invertebrates*. Sunderland, Massachusetts; Sinaver.922 p.
- Coll, C. 1986. Bases Psicológicas. [CD-ROOM]. Cuadernos de Pedagogía, No. 139.
- Colleman, W. 1983. *La Biología en el Siglo XIX*. FCE, México. 303 p.
- Crisci, J.V. 1970. Clasificación biológica: Naturaleza, Objetivos, Fundamentos. Biología, 9 (4): 140-151.
- Crombie, A.C. 1980. *Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo*. Alianza, Madrid. 356 p.
- Curtis, H. 1990. *Biología*. México. Editorial Médica Panamericana S.A. 435 p.
- Delval, J. 1984a. Crecer para pensar: La construcción del conocimiento en la escuela. En: *Aprendizaje y Desarrollo*. Barcelona, Laia. 40-63.
- Delval, J. 1984 b. Crecer y Pensar: La Construcción del Conocimiento en la Escuela. En: *Aprendizaje y Desarrollo*. Barcelona, Laia. 76-85.

- Driver, R. 1989. Students' conceptions and the learning of science. International Journal of Science Education, 11, 481-490.
- Driver, R., Squieres, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. 1994. Making sense of secondary science research into children's ideas. Routledge, New York. pp. 12-27.
- Estébanez, F.P. 1981. Aprendizaje y Educación. En: *Teorías del Aprendizaje. Antología*, editado por la Universidad Pedagógica Nacional. Pp:397-412.
- Flores, C.F. 1996. Los cambios de enfoque en la enseñanza de la física. Desde el Sur. Año 3. No.8: 47-51.
- Flores, C.F. (2000). *La enseñanza de las ciencias: su investigación y sus enfoques. Texto presentado en el Congreso: La Educación, sus tiempos y sus espacios*. Chiapas, México.
- Flores, F., López, A. y Gallegos, L. 2001. Elementos y parámetros de organización de las Ideas Previas. En [http:// ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048](http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048).
- Foucault, M. 1985. *Las palabras y las cosas*. Ed. siglo XXI, México. 375 p.
- Gagliardi, R. 1988. ¿Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias? Enseñanza de las ciencias, 6 (3): 291-196.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. 1986. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 4 (3): 253-258.
- Gallegos, L. 1998. *Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la física*. Tesis de Maestría en Enseñanza Superior, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 179 p.
- García-Meza, V. González-Rodríguez, A. y Lazcano, A. 1994. Ancient paralogous duplications and the search for archean cells. En: Fleischaker, G.R. Colonna, S. y Luisi, P. *Self-reproduction of supramolecular structures: from synthetic structures to models of minimal living systems*. pp. 1-16.
- Gardner, E.J. 1968. *History of Biology*. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minn. 376 p.
- Giordan, A. 1987. Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias, 5 (2): 105-110.

- Glaserfeld, V.E. 1995. A Constructivism Approach to Teaching. En: Steffe, P. y Gale, J. (Eds.) *Constructivism in Education*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, New Jersey. Pp. 3-16.
- Gómez-Granel, y Coll, C. 1994. ¿De qué hablamos cuando hablamos de Constructivismo? *Cuadernos de Pedagogía*. No. 221, 8-10.
- González, J.D., León, A. I. & Venegas, N. 1997. *Contenidos Relevantes de Ciencias Naturales para la educación básica*. México, Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano, A.C. 192 p.
- Lahav, N. 1999. *Biogenesis: Theories of Life's Origin*. Oxford University Press. USA. 349 p.
- Lamarck, J.B. 1809. *Filosofía Zoológica*. Grijalbo. México. pp: 91-191.
- Laurent, G.1976. Cuvier y Lamarck: la querrela del catastrofismo. *Mundo Científico*, 66 (7): 136-144.
- Lazarowitz, R. 1981. Correlations of junior high school student's age, gender, and intelligence with ability in construct classification in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 18 (1): 15-22.
- Ledesma, M.I. 1993. Biología ¿ciencia o naturismo?. *Ciencia y Desarrollo*, 19 (110):70-77.
- Ledesma, M.I. 2000. *Historia de la Biología*. México: AGT Editor. S.A.
- Margullis, L. 1993. *El Origen de la Célula*. Editorial Reverté, S.A. España. 140 p.
- Margullis, L. y Sagan, D. 1985. El origen de las células eucariontes. *Mundo Científico*, 5 (46): 366-375.
- Margullis, L. y Schwartz, K. 1985. *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la tierra*. Editorial Labor, España. 335 p.
- Mateos, J.A. 1998. Concepciones sobre algunas especies animales: ejemplificaciones del razonamiento por categoría. Dificultades de aprendizaje asociadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1): 147-157.
- Material de Apoyo para el maestro. En: <http://www.sep.gob.mx/docentes>
- Matthews, M.R. 2000. Editorial. *Science and Education*, 9: 491-505
- Mayr, E. 1995. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. The Belknap Press of Harvard, University Press, USH. 974 p.

- Mieli, A. 1951. *Breve Historia de la Biología*. Colección Astral. Buenos Aires, Argentina. 161 p.
- Nagy, M. H. 1953. The representation of "germs" by children. *The Journal of Genetic Psychology*. 83: 227-240.
- Novak, J.D. 1988. El Constructivismo Humano: Hacia la Unidad en la Elaboración de Significados Psicológicos y Epistemológicos. En: Porlán, R., García, J.E. y Cañal, P. (Eds). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Diada Editora. España. p.p. 23-39.
- Oliva, M. J.M. 1999. Algunas Reflexiones sobre las Concepciones Alternativas y el Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-107.
- Panchen, A.L. 1992. *Classification, evolution and the nature of biology*. Cambridge University Press. EEUU. 403 p.
- Papavero, N. y Llorente-Bousquets, J. 1994a. *Principia Taxonómica. Una introducción a los Fundamentos Lógicos, filosóficos y Metodológicos de las Escuelas en Taxonomía Biológica. Volumen II. Las Teorías Clasificadoras de Eurltos de Taranto, Platón, Eusipo y Aristóteles*. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 239 p.
- Papavero, N., Llorente-Bousquets, J. y Espinosa-Organista, D. 1995. *Historia de la Biología de Occidente. Compilación. Desde el Génesis hasta el Siglo de las Luces. Volumen 1 Del Génesis a la Caída del Imperio Romano*. México. UNAM. 203 pp.
- Papavero, N., Llorente-Bousquets, J. y Minoro-Abe, J. 1997. *Fundamentos de Biología Comparada Vol.1 De Platón a Haeckel*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México, D.F. 301 p.
- Piaget, J. 1979. *Tratado de Lógica y Conocimiento Científico*. Volumen V. Epistemología de la Biología. Ed. Paidós. Buenos Aires, Argentina, pp: 9-147.
- Pope, M. Y Gilbert J. 1988. La experiencia Personal y la Construcción del Conocimiento en ciencias. En: Porlán, R., García, J.E. y Cañal, P. (Eds). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Diada Editora. España. pp: 23-39.

- Pozo, J.I. & Carretero, M. 1987. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de las ciencias? *Infancia y Aprendizaje*, 38: 35-52.
- Pozo, J.I. 1993. Psicología y Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza ¿concepciones alternativas? *Infancia y Aprendizaje*, 62-63: 187-204.
- Pozo, J.I., Gomez Crespo, M.A., Limón, M. Y Sanz Serrano, A. 1991. Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes Sobre la Química. CIDE, España. pp: 26-55.
- Puigdellivol, I. 1993. *Programación de Aula y Adecuación Curricular. El tratamiento de la Diversidad*. Graó, editorial. Barcelona, España. 133 p.
- Ryman, D.1974. Children's understanding of classification of living organisms. *Journal of Biological Education*, 8 (3): 140-144.
- Ryman, D. 1974b. The relative effectiveness of teaching methods on pupil's understanding of the classification of living organisms at two levels of intelligence. *Journal of Biological Education*, 8 (4): 219-233.
- Sarramona, J. 1986. Bases Pedagógicas. [CD-ROOM]. *Cuadernos de Pedagogía*, No. 139.
- Secretaría de Educación Pública. 1993. Planes y Programas de Estudio para la Educación Primaria. México.
- Secretaría de Educación Pública. 1997. Libro para el maestro Educación Secundaria Biología. México.
- Secretaría de Educación Pública. 1998. Libro para el Maestro Ciencias Naturales Cuarto Grado. México.
- Secretaría de Educación Pública.1988. Libro para el Maestro. Primer Grado. Conocimiento del Medio. México.
- Secretaría de Educación Pública.1993. Planes y Programas para la Educación Secundaria. México.
- Simonneaux, L. 2000. A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with "microbes", as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal Science Education*, 22 (6): 619 – 644.
- Sloan, P.R. 2000. Historia Natural, 1670-1802. En: Suárez, E.; Barahona, A. y Martínez, S. (Eds.) *Selección de Lecturas de Filosofía e Historia de las Biología*. Facultad de Ciencias, UNAM.

- Taba, H. 1974. *Elaboración del currículo. Teoría y Práctica*. Ediciones Troquel. Buenos Aires, Argentina. 662 p.
- Tema, B.O. 1989. Rural and urban African pupil's alternative conceptions of "animal". Journal of Biological Education, 23 (3): 199-205.
- Trowbridge, J.E. & Mintzes, J.J. 1985. Students' Alternative Conceptions of Animals and Animal Classification. School Science and Mathematics, 85 (4): 304-316.
- Trowbridge, J.E. & Mintzes, J.J. 1988. Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. Journal of Research in Science Teaching, 25 (3): 547-571.
- Valladares, R.L. 2002. *Evolución histórica de las ideas científicas sobre el origen de la vida y su relación con el cambio conceptual de las ideas previas en los estudiantes de bachillerato*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 235 p.
- Velasco, J.M. 1991, ¿Cuándo un ser vivo puede ser considerado animal? Enseñanza de las Ciencias, 9 (1): 42-42.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J y Novak, J.D. 1994. Research on alternative conceptions in science. En: Gabel, D.L. (ed). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company. USA. pp:177-210.
- Whittaker, R.H. 1979. New Concepts of Kingdoms of Organism.
- Woese, C. 1998. The universal ancestor. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95 (12): 6854-6859.