



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“Ambystoma como modelo simplificado de la
morfofisiología de los tetrápodos”. Propuesta
didáctica**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A:
IXTZUL SOFIA RODRÍGUEZ BACHILLER



DIRECTORA DE TESIS: DRA. PATRICIA RIVAS MANZANO

2005

m. 344573





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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:

"Ambystoma como modelo simplificado de la morfofisiología de los tetrápodos".
 Propuesta didáctica.

realizado por: Ixtzul Sofia Rodríguez Bachiller

con número de cuenta 08225121-1 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

- | | | |
|-------------|--|--|
| Director | | |
| Propietario | Dra. Patricia Rivas Manzano | |
| Propietario | M.en T.E. Margarita Elena Varela Ruiz | |
| Propietario | M.en C. Victor Antonio Mejía Roa | |
| Suplente | M.en C. Eréndira Alvarez Pérez | |
| Suplente | Lic. en Ped. Julieta Valentina García Méndez | |

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

Después de tanto tiempo postergado y camino andado dedico este trabajo a:

A MI QUERIDA MADRE, PORQUE ESTE SUEÑO SIEMPRE FUE ANHELADO Y
COMPARTIDO CON ELLA

A MIS PEQUEÑAS: LUCERO, JIMENA Y MARTHA

A MIS VIDOS: FER

Y a todas las personas que creen en mí

En memoria a Ruth Sandoval

AGRADECIMIENTOS

A mí querida Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme formado.

A la Dra. Paty Rivas por su invaluable apoyo, tiempo y dedicación. Que en mi caso de no ser por su ángel no hubiera logrado esta meta.

A mis asesoras y asesor que con sus valiosos comentarios y observaciones enriquecieron este trabajo.

Al laboratorio de Biología de la Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias.

A mí querida madre académica: Rosa María Cid Villamil, que su cariño y ejemplo siempre me ha acompañado.

A mi gran amigo Porfirio Morán Oviedo, por haber compartido conmigo su tiempo y su amistad.

A la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Por el apoyo brindado

A la Directora Lourdes Pastor del plantel 1. Por ser tan humana y gentil

A mis singulares tías, tíos, primos, y sobrinos: Amelia, Martha, Blanca, Lilia, Rafael, Roberto, Maru, Mariana, Eduardo, Elena, Ernesto, Lalito y Edgar.

A las brujas de T.S. Mari Carmen, Morgan, Jonas, Nanuth, China+, Conchis y a sus lindas familias.

A mis escuelas de trabajo: Floresta, Aztlán, Villa del sur, Teceltican y Andrés Molina, porque en ellas tuve alumnos maravillosos.

A mis compañeros de trabajo de Prepa 1: Arturo Meza, Gloria, Vicky, Meche y Luis, porque con ellos he compartido este sueño.

A mis amigos de la Opción de Histo: Juan Carlos, Santiago, Braulio, Miriam y Miguel Ángel A, por su gran ejemplo.

A mis amigas y amigos de toda la vida: Claudia, Laura, Pily, Lolita, Yuriria, Bety, Juan, Manuel, Agustín, Javier, Mónica, Jorge, Maria Elena y Vane.

A mis amigas de escuelas: Nayely, Antelia y Josefina,

A mis amigos de la facultad: Adrián, Lupita, Abel, Maite, Juan, Fabiola y Salvador+

A Sandra Solano por su gran ejemplo.

Resumen

Las teorías y modelos psicopedagógicos actuales, nos permiten enriquecer la enseñanza de la biología, siendo necesaria la revisión continua de los programas de estudio en todos los niveles educativos.

En particular este trabajo valora la riqueza del género *Ambystoma*, por considerarlo un modelo biológico posible de enseñanza, investigación, conservación y difusión.

Se propone la integración de principios biológicos y elementos psicopedagógicos que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del diseño de una propuesta didáctica para el nivel bachillerato, con base en la revisión de fundamentos teóricos interdisciplinarios y en la necesidad de innovación a través de un diseño concreto.

El diseño comprende estrategias didácticas y actividades a desarrollar, para abordar el tema "cambios morfofisiológicos en el sistema respiratorio de *Ambystoma*", como ejemplo de una variedad de sistemas que experimentan cambios durante la metamorfosis, a partir del contacto directo con los organismos.

Esta propuesta se basa en la concepción de que el estudio de procesos biológicos, debe ser integral y holístico; procurando superar la fragmentación en la enseñanza de conocimientos científicos, que desafortunadamente aún prevalece, en la educación.

ÍNDICE

Introducción

Objetivos	2
Metodología	3

Capítulo 1. Teorías y modelos psicopedagógicos en la enseñanza de la biología

1.1 Modelos psicopedagógicos contemporáneos	6
1.2 Teorías de enseñanza-aprendizaje	8
1.2.1 La psicología piagetiana en el aprendizaje de las ciencias experimentales	9
1.2.2 Bruner y el aprendizaje por descubrimiento	9
1.2.3 Vygotsky y el aprendizaje como una actividad social	10
1.2.4 El constructivismo en el aprendizaje	11
1.3. La enseñanza de las ciencias	12
1.4. La enseñanza de la biología	14

Capítulo 2. Programas de biología del bachillerato

2.1 Antecedentes del Programa de Biología IV	17
2.2 Observaciones generales	20
2.3 Observaciones sobre estrategias didácticas	21
2.4 Correlación con los programas de CCH	24

Capítulo 3. Caracterización de *Ambystoma* como modelo biológico

3.1 Generalidades	28
3.2 Metamorfosis	33
3.3 Neotenia	37
3.4 Paedomorfosis	39

Capítulo	4. Modelo biológico-didáctico	
	4.1 Modelos en biología	42
	4.2 Modelos didácticos	44
	4.3 Modelos del pensamiento	46
	4.4 Propuesta	48
Capítulo	5. Estrategias didácticas del modelo biológico	
	5.1 Estrategias didácticas	55
	5.2 Estrategias del modelo biológico	58
	5.3 Actividades de enseñanza-aprendizaje	59
	5.3.1 Actividades que promuevan el pensamiento concreto-literal	63
	5.3.2 Actividades que promuevan el pensamiento <i>inferencial</i>	74
	5.3.3 Actividades que promuevan el pensamiento crítico	76
Discusión		78
Conclusiones		81
Literatura citada		82
Anexo 1		

Introducción

La enseñanza de la biología durante el siglo XX fue enciclopédica, positivista y referencial a estudios biológicos. Es a mediados de este mismo siglo cuando existe un cambio en los sistemas educativos, con una postura de mejora y de vinculación con los modelos psicopedagógicos de enseñanza activa. Esta postura de mejora ha dado lugar a varios modelos y seguramente seguirán generándose otros que superen los actuales. En esa trayectoria, el modelo de tecnología educativa de gran influencia en los años 60 y 70, basaba su enseñanza en objetivos conductuales y un gran número de objetivos particulares, que descuidaban las estrategias didácticas y sobre todo el desarrollo de la habilidad para pensar.

Hoy, con los aportes de los modelos constructivista y cognoscitivista, en un nuevo orden, es imprescindible que la enseñanza en general y en particular la enseñanza de la biología, se organice de forma integral, tomando en consideración los nuevos paradigmas cognoscitivos. Se espera que la enseñanza de la biología en los años venideros, incluya modelos biológicos integradores.

Por lo tanto el diseño didáctico de "*Ambystoma* como modelo biológico simplificado de la morfofisiología de los tetrápodos", es una propuesta integradora que incluye aspectos biológicos y psicopedagógicos, que podrían considerarse en la enseñanza de la educación media superior.

La diversidad biológica es lo más concreto de la vida sobre la tierra y sólo puede comprenderse conociendo las características morfofuncionales de los organismos.

Por otra parte, la evolución tiene su manifestación más evidente en la morfofisiología de células, tejidos, órganos, sistemas y organismos, y ésta tiene su fundamento, en última instancia en procesos moleculares y en la expresión génica. El conocimiento fragmentado de la genética, la biología molecular, la biología celular, la morfología y la fisiología, son verdades parciales o partes de una verdad, que sólo tienen sentido y significado, a través de la integración, ya que la evolución y finalmente la diversidad sobre la Tierra se explican en términos del cambio de una simple célula hacia organismos más complejos.

En los niveles educativos, pero en particular en la educación media superior, es fundamental que la enseñanza de la biología gire en torno de conceptos generales integradores como la diversidad biológica y la evolución, los cuales permitirán a los estudiantes anclar los conocimientos nuevos con sus conocimientos previos y así establecer puentes cognitivos que les conduzcan al análisis y a la síntesis, o que reorganicen sus conocimientos bajo principios más inclusivos y amplios. De esta manera pueden realizar una reconstrucción integradora del saber biológico.

Objetivo general

- Diseñar una propuesta didáctica integral para el bachillerato que facilite la enseñanza-aprendizaje de procesos biológicos. A partir del estudio del género *Ambystoma*¹ como modelo biológico simplificado de la morfofisiología de los tetrápodos.

¹ *Ambystoma*, corresponde a un género de anfibios, conocidos como ajolotes en México.

Objetivos particulares

- Identificar los problemas didácticos en la enseñanza de la biología en el bachillerato de la UNAM.
- Caracterizar la morfofisiología de *Ambystoma* como modelo biológico en torno al proceso metamórfico.
- Valorar las estrategias didácticas utilizadas en los programas de biología y proponer estrategias alternativas que favorezcan aprendizajes significativos para las áreas de morfofisiología y evolución.
- Ejemplificar actividades de enseñanza-aprendizaje que promuevan el conocimiento de la biología a través del modelo "*Ambystoma*".

Metodología

- Se inició con la búsqueda de información bibliográfica sobre la enseñanza de las ciencias, en torno a los aspectos psicopedagógicos que intervienen, su problemática y estrategias utilizadas.
- Se analizó el programa de biología IV del bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria, UNAM. para conocer el referente institucional al que se adscribirá la propuesta.
- Se revisaron los aspectos biológicos del género *Ambystoma*, en relación a su metamorfosis, neotenia y paedomorfosis, de algunas especies.
- Se diseñó la propuesta de un modelo biológico-didáctico de enseñanza de la biología a nivel bachillerato, dentro de los modelos constructivistas.

- Se sugieren estrategias de enseñanza y aprendizaje, considerando el nivel de pensamiento que se pretende, utilizando como ejemplo los cambios metamórficos del sistema respiratorio.

Con base en las consideraciones anteriores, el presente trabajo se estructuró de la siguiente manera:

- El capítulo I plantea el contexto educativo en la enseñanza de la biología, a partir de la revisión de teorías y modelos psicopedagógicos que señalan su problemática.
- El capítulo II denominado programas de biología del bachillerato, analiza la estructura actual del programa de quinto año de biología y se precisan algunas observaciones, derivadas del análisis.
- En el capítulo III se presenta la caracterización de *Ambystoma* como modelo biológico, a partir de su importancia, clasificación taxonómica y los procesos: metamórfico, neotenia y paedomorfosis.
- El capítulo IV se tratan algunos modelos: el modelo biológico, con dos enfoques el morfofuncional y evolutivo, así como, los modelos didácticos que fundamentan la propuesta.
- En el capítulo V se plantean algunas recomendaciones de los modelos para la implementación de las estrategias didácticas, y se proponen actividades de enseñanza-aprendizaje.

Capítulo 1 Teorías y modelos psicopedagógicos en la enseñanza de la biología

En el contexto de nuevo milenio y dado el avance científico y tecnológico; actualmente no se cuestiona la necesidad de una educación integral y formadora, sin embargo, como afirma Monereo (1990): “no se trata de saber transmitir muchos contenidos sobre la materia, sino saber transmitir cómo pensar mejor en relación con la materia”; y es necesaria la utilización de teorías cognitivas y constructivistas que fortalezcan la educación. Antecedentes detectados alrededor de los años 80´ en Europa y Estados Unidos, consideraron dos aspectos, que tienen vigencia:

1. No se ha logrado una formación científica efectiva en las escuelas para el 80% de la población escolar, quienes no seguirán ninguna educación científica formal después de dejar la escuela.
2. Aunque contamos ahora con mejores planes y programas educativos para la formación científica (el 20% de la población que accede a los mismos) no existe una mejora sustancial (Marco, 1987).

En cuanto al primer aspecto, surgen algunas preguntas: ¿Por qué no se ha logrado una formación científica efectiva? ¿Qué elementos pedagógico-didáctico no han sido viables? y ¿Cómo se pueden integrar cambios que hagan efectiva la formación científica? Con respecto al segundo aspecto, ¿cómo utilizar o reestructurar los planes y programas de estudio para inducir en los alumnos el pensamiento crítico, la habilidad para resolver problemas y tomar decisiones que

consideren el contexto social, político y cultural? En este sentido la pregunta del ¿cómo? es la que da sentido y dirección a la presente propuesta pedagógica del modelo simplificado, que como muchos otros, puede dar elementos interdisciplinarios desde distintas áreas para captar la amplitud cultural de la ciencia.

Hoy se dispone de una inmensa y rica acumulación de estrategias, técnicas, conceptos, teorías y experiencias pedagógicas que permiten enseñar con mejor calidad y eficacia que en el pasado, por lo que resulta imprescindible reconocer los modelos pedagógicos que han prevalecido y sesgado la educación (Flórez, 1999).

1.1 Modelos pedagógicos contemporáneos

Las distintas clasificaciones de los modelos psicopedagógicos se refieren por lo general al proceso de aprendizaje como el eje de la definición y caracterización, la elección de un modelo no es solo una preferencia o estilo, el maestro elige una manera de enseñar consciente o inconsciente (Agüero, 2004).

Flórez (1999), describe los siguientes tipos de modelos: "El modelo psicopedagógico tradicional" característico de una relación vertical maestro-alumno, su método es transmisionista, imitación del buen ejemplo, ejercicio y repetición, sus contenidos son disciplinares y de resultados de la ciencia.

"El modelo pedagógico romántico" (experiencial o naturalista), tiene una relación auxiliar entre maestro-alumno, su método se basa en suprimir obstáculos e interferencias que inhiban la libre expresión, los contenidos no llevan una programación, sólo la que el alumno solicite.

“El modelo pedagógico conductista” tiene como fundamento una programación sistematizada como intermediario-ejecutor entre el maestro y alumno. Su método es a partir de la fijación, el refuerzo y control de aprendizajes (objetivos instruccionales). Los contenidos básicamente son conocimientos técnicos: códigos, destrezas y competencias observables.

“El modelo pedagógico constructivista” se basa en una relación maestro alumno como un facilitador o mediador de experiencias, su método crea ambientes de afianzamiento según cada etapa y conocimiento previos del estudiante. Los contenidos se plantean como experiencias o problemas que faciliten el acceso a estructuras superiores de desarrollo, permitiendo al estudiante construir sus propios contenidos de aprendizaje.

“El modelo pedagógico social-cognitivo” tiene una relación horizontal maestro alumno, su método varía según el desarrollo de cada individuo y el método de cada ciencia, cuyo énfasis es el trabajo productivo, los contenidos son científico-técnicos, polifacético y politécnico.

Existe una amplia y variada gama de alternativas pedagógicas para la enseñanza. No obstante, éstas pueden agruparse en cinco grandes tipos: 1) modelos conductista o de reforzamiento, 2) modelos cognoscitivista y de procesamiento de la información, 3) modelos humanistas, 4) modelos de interacción social, y 5) modelos constructivistas. Hay que considerar que cada modelo tiene un sustento teórico, y a cada uno de ellos corresponden una o varias teorías educativas como el cuerpo organizado de conocimientos dirigido a la práctica educativa (Agüero, 2004).

1.2 Teorías de enseñanza-aprendizaje

Dentro de las teorías de enseñanza que han prevalecido, están la teoría conductual, la teoría cognoscitiva, y la constructivista.

Según Schunk, (1997); la teoría conductual considera que el aprendizaje es un cambio en la forma o frecuencia del comportamiento. Por tanto la meta de la enseñanza es hacer que los estudiantes realicen la conducta esperada en respuesta al estímulo. A diferencia de las teorías cognoscitivas donde se destaca el procesamiento y la organización de la información en redes significativas en la memoria. Donde las teorías conductista y cognitiva son objetivas en el sentido de que asumen que el mundo es real y que entonces la meta de la educación escolar es hacer que el estudiante adquiera respuestas y conocimientos que existen en el mundo.

En este sentido, el contraste con la teoría constructivista del aprendizaje, es que ésta plantea que la subjetividad es crucial porque cada estudiante toma la información y la procesa de manera única, reflejando sus necesidades, disposiciones, actitudes, creencias y sentimientos (Ertmer y Newby, 1993; citado por Schunk, 1997).

Quienes intentan proyectar una educación constructivista determinan que métodos y que estrategias de enseñanza-aprendizaje harán que los estudiantes exploren comprendan y sobre todo en su contexto avancen en su capacidad de reflexionar, crear y cuestionar (Schunk, 1997).

Desde un ángulo psicopedagógico las teorías cognitivas se han dedicado a estudiar los procesos como la percepción, memoria, atención, lenguaje,

razonamiento y resolución de problemas. Es decir, los procesos involucrados en el manejo de la información por parte del sujeto (Arancibia y col, 1999).

En este sentido existen diversos autores que han contribuido a visualizar la enseñanza-aprendizaje como un proceso con diferentes ángulos.

1.2.1 La psicología piagetiana en el aprendizaje de las ciencias experimentales

Jean Piaget propuso una teoría del conocimiento científico basado en la ciencia que toma como modelo principal a la biología. Consideró que el problema del aprendizaje abarca el proceso del paso desde un esquema de menor conocimiento a uno de mayor conocimiento. Su idea central es que el desarrollo intelectual constituye un proceso adaptativo “considera el aprendizaje no como una manifestación espontánea de formas aisladas, sino que es una actividad indivisible conformada por los procesos de asimilación y acomodación, donde el equilibrio resultante le permite a la persona adaptarse activamente a la realidad, lo cual constituye el fin último del aprendizaje” (Arancibia y col, 1999).

1.2.2 Bruner y el aprendizaje por descubrimiento

Para Bruner el aprendizaje más relevante que la información obtenida, es el proceso de reordenar o transformar los datos de modo que permita ir más allá de ellos, hacia una comprensión o “insight” nuevos. A esto el autor ha llamado aprendizaje por descubrimiento; del cual en particular propone algunos principios:

1) Todo el conocimiento real es aprendido por uno mismo, 2) El significado es

producto exclusivo del descubrimiento creativo y no verbal, 3) El conocimiento verbal es la clave de la transferencia, 4) El método del descubrimiento es el principal para transmitir el contenido y 5) La capacidad para resolver problemas es la meta principal de la Educación (Arancibia y col, 1999).

Con base en estos principios propone una teoría de instrucción que considera cuatro aspectos: la motivación por aprender, la estructura del conocimiento a aprender, la secuencia de presentación y el refuerzo del aprendizaje (Arancibia y col, 1999; Bruner, 1966)

1.2.3 Vygotsky y el aprendizaje como una actividad social

Lev Vygotsky destacó la importancia de la interacción social en el desarrollo cognitivo y postuló una nueva relación entre el desarrollo y aprendizaje. El desarrollo es promovido por procesos que son en primer lugar aprendidos mediante la interacción social. De esta forma, los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje y razonamiento) se adquieren en un contexto social y luego se interiorizan (Arancibia y col, 1999).

Estudios actuales han comprobado cómo el alumno aprende de forma más eficaz cuando lo hace en un contexto de colaboración e intercambio con sus compañeros. Algunos mecanismos de carácter social estimulan y favorecen el aprendizaje; como son, las discusiones de grupo y el poder de la argumentación en la discrepancia entre alumnos que poseen distintos grados de conocimiento sobre un tema (Carretero, 1997).

1.2.4 El constructivismo en el aprendizaje de las ciencias

Probablemente el autor más citado y acreditado en la psicología cognitiva referida a las ciencias experimentales sea Ausubel, quien en 1983, aporta la teoría del llamado "aprendizaje significativo". Este aprendizaje implica una relación sustancial y no arbitraria entre el contenido nuevo por aprender y lo que el alumno ya sabe. El aprendizaje significativo implica la movilización de esquemas de conocimientos previos, aplicación de lo aprendido a nuevas situaciones, su revisión, modificación para proceder a la estructura lógica, al establecimiento de nuevas relaciones y a una evaluación de la adecuación de lo nuevo conocido con lo preexistente en la estructura cognitiva; por tanto se trata de una construcción de nuevos significados, de un modo funcional, para que lo aprendido se utilice en situaciones que conduzcan a nuevos aprendizajes.

El aprendizaje significativo en las ciencias experimentales tiene ciertas particularidades: 1) Si los conocimientos previos necesarios para la comprensión de un nuevo concepto, no alcanzan el nivel necesario, ¿cómo promoverlos? 2) Si los conceptos previos de los alumnos derivados de su experiencia vivencial, son erróneos, ¿cómo modificarlos?

Estas incógnitas según la teoría Ausubeliana podrían resolverse sí, la información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con aspectos relevantes en la estructura cognitiva de los alumnos; es decir, en este proceso, la nueva información interacciona con una estructura de conocimiento llamada "subsumidor", existente en la estructura cognitiva de quien aprende. El subsumidor es un concepto, una idea, o proposición, capaz de servir de "anclaje" para la

nueva información. El aprendizaje será significativo en la medida en que las ideas, conceptos y proposiciones sean relevantes para los alumnos y estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura mental del alumno (Moreira, 2000).

Sin embargo, aún con estos elementos no es suficiente para el caso de las ciencias, porque aún considerando clases "bien dadas", existen conceptos erróneos en los alumnos y faltaría promover el cambio conceptual de conocimientos erróneos, además de visualizar de manera general el nivel de comprensión que deben alcanzar (Moreira, 2000).

1.3 La enseñanza de las ciencias

Existen algunas situaciones con respecto a la enseñanza de las ciencias que nos interesa resaltar, como las que planteó Gil (1994); con respecto a las concepciones erróneas sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas explícita o implícitamente, por la enseñanza de las ciencias.

La visión empirista y ateórica que resalta el papel de la observación y de la experimentación, olvidando el papel esencial de las hipótesis y de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (teoría). Pese a que verbalmente se da importancia a la observación y experimentación, en general la enseñanza de la ciencia es libresca, con poco trabajo experimental.

La visión rígida se presenta con la enseñanza del método científico, como conjunto de etapas a seguir. Se resalta, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc. Desvalorando lo que significa invención, creatividad o duda.

La visión analítica, que resalta la necesaria parcialización de los estudios, su carácter acotado, simplificado, que olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, el tratamiento de problemas frontera o puente entre distintos dominios que pueden llegar a unirse.

La visión lineal donde los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, las remodelaciones profundas, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.

En este sentido una estrategia de enseñanza que pretenda ser coherente con la orientación constructivista ha de plantear situaciones problema que teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos, generen interés y proporcionen una concepción contextualizada del mundo (Gil, 1994).

En México, Ruiz (1996), plantea que los aprendices de ciencia adquieren la cultura de un área de investigación a partir de libros y artículos que se transforman en textos de enseñanza. Donde se aprende la terminología de un campo de trabajo, los métodos y las técnicas que en ese momento se consideran válidos para obtener conocimientos en esa área, conoce las formas de percepción adecuadas a su objeto de estudio. Sin embargo entre las observaciones que en el microscopio o el telescopio, que hacen el estudiante y el profesor, media toda una formación teórica y metodológica que las hace distintas.

1.4 La enseñanza de la biología

Desde una perspectiva similar a la enseñanza de las ciencias, la praxis de la enseñanza de la biología en educación media superior tiene las siguientes particularidades:

1. Se maneja un academismo (los planes de estudio, tienen una estructura tradicional, dividida en disciplinas académicas), donde se enseñan contenidos nuevos con procedimientos antiguos.
2. El contacto directo con los organismos es mínimo. El cual debería ser la actividad principal.
3. Se explican los adelantos e investigaciones por el método expositivo, en una mayor proporción (O.E.A., 1981).

Además, el contenido de los cursos, los libros de texto; en la mayoría de los casos está estructurado con base en teorías y enunciados que han resuelto un cierto tipo de "problema" el cual no siempre es planteado a los alumnos, tomando en consideración las diferentes formas y estrategias por el que éste ha sido interpretado o explicado. Es decir, el contenido conceptual que se presenta a los alumnos no contiene problemas, sino únicamente soluciones. Lo cual según Hernández (2002), puede traer como consecuencia que el conocimiento científico parezca un conjunto de datos arbitrarios e inconexos, que sin duda tiene implicaciones en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y en su capacidad de resolver problemas de investigación.

Por tanto para el alumno, el conocimiento científico es en varios sentidos incomprensible, ya que los contenidos científicos y los enfoques didácticos que

se llevan a cabo en la escuela no toman en cuenta características esenciales de la ciencia (Hernández, 2002).

Resaltando el valor de la ciencia como proceso de generación de conocimientos, de establecimiento de principios generales y su verificación; podemos describir dos criterios del método científico: el método inductivo, es decir, el conocimiento se genera a partir de la acumulación de observaciones, y el método hipotético-deductivo, donde una hipótesis es sometida a prueba a través de la experimentación (Balvanera, 1995).

Así, el método inductivo ha sido importante para que las observaciones de un fenómeno dado se realicen de forma organizada y encaminada a entender las variables relacionadas con el fenómeno de estudio. A diferencia del método hipotético-deductivo donde la elaboración de hipótesis y el ejercicio de someterlas a prueba en condiciones experimentales es un componente angular del método científico. Donde las hipótesis se derivan de la observación junto con el análisis del marco conceptual (Balvanera, 1995).

Por ello, la generación del conocimiento científico requiere entonces de la interacción entre tres grandes componentes: 1) la observación (el método inductivo), 2) el análisis del marco conceptual teórico y 3) la experimentación (el método hipotético-deductivo) (Balvanera, 1995).

Asimismo como sostiene Ruiz (1996), el proceso de reestructuración del conocimiento del aprendiz de científico es similar a la del científico. Debido a que un científico confronta sus teorías por medio de la experimentación y la observación, regresa a la teoría, y la modifica si encuentra algo que la teoría no

puede explicar. El estudiante de ciencia¹ confronta sus conceptos previos con la nueva información a la que es expuesto, y modifica sus ideas si el nuevo conocimiento le convence, lo entiende y le brinda explicaciones mas adecuadas que las anteriores.

Además hay que considerar que la biología estudia la gran complejidad de los sistemas biológicos, lo cual puede ser un obstáculo para la realización de observaciones que permitan la generación de hipótesis explicativas de un fenómeno, o incluso para la realización de experimentos para poner a prueba esas hipótesis. Por lo tanto, para su enseñanza es importante seleccionar sistemas biológicos relativamente sencillos en donde un fenómeno pueda ser observado o sometido a prueba de forma concreta y clara. Considerando que haya sido probado anteriormente, de tal forma que la complejidad no oscurezca la claridad de los resultados obtenidos (Balvanera, 1995).

Estas consideraciones permiten contextualizar la enseñanza de la biología no sólo en la educación superior. Permite comprender su complejidad en otros niveles educativos. Por ello, en el siguiente capítulo se analiza el programa de biología IV del bachillerato para ubicar su dimensión. En la perspectiva de reconocer sus contenidos, el manejo didáctico y las actividades propuestas.

¹ como estudiante de ciencia, se refiere a los alumnos que cursan nivel superior en áreas de investigación científica.

Capítulo 2 Programas de biología del bachillerato

Programa: BIOLOGÍA IV
Nivel: Bachillerato
Año en que se imparte: Quinto
Categoría: Obligatoria
Asignatura: Teórico-práctica

2.1 Antecedentes del programa de biología IV

El programa de estudios de la asignatura de biología IV forma parte del núcleo básico del quinto año de bachillerato y pertenece al área de formación de las Ciencias Naturales. Para algunos estudiantes significará quizá el último contacto con la asignatura, por lo tanto se plantea como un curso general, que más que profundizar sobre los temas pretende que el alumno adquiriera una cultura biológica que se traduzca en respeto hacia la vida a través del conocimiento, por lo que además de adquirir los conceptos biológicos fundamentales se pretende desarrolle habilidades, aptitudes y valores que completen esta etapa de su formación (Planes de estudio, ENP. UNAM, 1996).

En un análisis breve nos damos cuenta que el programa consta de: 1) Datos de identificación, 2) Presentación y ubicación en el plan de estudios, propósitos generales del curso, características del curso o enfoque disciplinario, principales relaciones con materias antecedentes, paralelas y consecuentes, estructura listada del programa, 3) Contenido del programa de cada unidad donde se describe su propósito, el número de horas sugeridas, el contenido, la descripción del contenido, estrategias didácticas (actividades de aprendizaje) y la bibliografía, 4) Bibliografía general, 5) Propuesta general de acreditación.

Este plan considera todos los aspectos relevantes de un programa de estudios, por lo que resulta complicado hacer objeciones, derivadas de lo expuesto literalmente. En particular se describe que las innovaciones o modificaciones que presenta este programa están planteadas, en el Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM, lo que consiste en una selección cuidadosa de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores fundamentales que debe poseer un egresado de este ciclo, con independencia de que haya cursado sus estudios en la Escuela Nacional Preparatoria o en el Colegio de Ciencias y Humanidades (Consejo Académico del Bachillerato, 2002).

En la exposición de motivos y propósitos generales del curso se menciona que "Las modificaciones que presenta en cuanto a contenidos de biología son en dos aspectos: a) La secuencia de las unidades temáticas se inicia con el estudio de los procesos celulares, para ir analizando procesos cada vez más complejos hasta el análisis de los macroprocesos comunes a todos los seres vivos y b) la actualización de los contenidos a la luz de los avances en la ciencia y la concepción actual de la biología como ciencia integral, vinculada con los aspectos sociales, históricos, políticos y económicos de nuestro país".

El programa plantea que las innovaciones cognoscitivas y metodológicas tendrán que evaluarse a través de un sistema diagnóstico de seguimiento, por ejemplo el desempeño de los alumnos en los cursos posteriores, que permita en función de los resultados, reestructurar y enriquecer los programas para irse aproximando a una enseñanza cada vez más constructiva, pero principalmente, en cuanto a los

productos que impacten el perfil del egresado en relación con su habilidad de plantearse problemas, el dominio del lenguaje teórico y técnico de la investigación biológica básica y el diseño de proyectos susceptibles de realización (Planes de estudio, ENP. UNAM, 1996).

Esta investigación no tiene como objetivo hacer un análisis detallado del programa de estudio y sus contenidos. El alcance pretende con una convicción de mejora, rescatar los puntos de interés particular, con base en dos ejes: el conceptual (contenido temático) y el metodológico (estrategias didácticas propuestas).

Las unidades temáticas desarrolladas en este curso son: Primera: La biología como ciencia. Segunda: La célula: unidad estructural y funcional de los seres vivos. Tercera: Procesos para la continuidad de la vida (reproducción y herencia). Cuarta: Evolución de los seres vivos. Quinta: Historia evolutiva de la diversidad biológica y Sexta: Los seres vivos y su ambiente.

Por tanto, las unidades temáticas presentan congruencia, secuencia y vigencia, y quizá las sugerencias básicas son respecto al ordenamiento de temas particulares que sin duda son seleccionados en función de la forma de abordar cada tema, las características de los grupos, los recursos y el tiempo disponible.

Sin embargo en una aproximación práctica, encontramos las siguientes características que merecen nuestra atención:

En general, en cuanto a las estrategias didácticas, se proponen actividades individuales y grupales, en particular resalta la investigación bibliográfica en los diferentes temas y su análisis, sin precisarlos. Además se propone el planteamiento de problemas biológicos, descripciones, comparaciones y prácticas

de laboratorio, así como actividades complementarias (Consultar Anexo 1 con tablas de análisis de contenidos y estrategias en este documento).

2.2 Observaciones generales

Las principales estrategias planteadas a lo largo del programa son: a) Investigación bibliográfica, b) Planteamiento de problemas biológicos y c) Prácticas de laboratorio.

Con respecto a la investigación bibliográfica ésta, se propone en todas las unidades, sobre todo al inicio o para conceptuar algún tema y cabría preguntarse ¿Es una estrategia para algunos temas? o ¿un recurso permanente de fundamentación teórica? En este sentido, su utilización debería ser para constatar ideas previas, conceptos e hipótesis. Dado que actualmente el acceso a información es extenso por diversos medios (libros, revistas e Internet). No es difícil solicitar la “investigación” de un tema, sin embargo su contrastación y análisis es lo que debería privilegiarse en todo momento. Debido a que los alumnos creen con frecuencia que han comprendido un tema, sólo aplicando el criterio léxico, es decir, verificando el significado de cada palabra, careciendo de otros criterios para su comprensión como: coherencia, cohesión proposicional, estructural e incluso criterio de suficiencia informativa (Minnick y Alvermann, 1994). Respecto al planteamiento de problemas biológicos, en general, la palabra problema se utiliza con dos connotaciones simultáneas, sin precisar si corresponde a nivel de incógnita (pregunta) o a nivel de un estado alterado, como objeto de estudio. Y surge la incógnita ¿si en este nivel, los alumnos y los

profesores plantean preguntas con dirección a un proceso de investigación o son preguntas a nivel conceptual? Por ello la ubicación de problemas biológicos debe referirse a procesos macrobiológicos y microbiológicos integradores, desde su inicio, con una reducción en contenidos temáticos y vinculado con el tipo de prácticas experimentales a realizar (Usabiaga, 1987).

Procurando que en las prácticas los alumnos se interroguen ¿por qué están haciendo ese experimento? ¿qué proceso o problema están investigando? y ¿cuál es el resultado que esperan encontrar? Y no referido a un tema particular, sino como una actividad permanente, base de la metodología científica, para continuar con el trabajo de laboratorio o de campo. Como argumenta Usabiaga (1987), el laboratorio debe ser el centro de la actividad del área en ciencias y precisa la necesidad de mejorar el planteamiento y realización de estas actividades experimentales.

2.3 Observaciones sobre estrategias didácticas

Iniciaremos con una demarcación en lo que se refiere a estrategias de enseñanza y estrategias de aprendizaje, debido a que en el programa de biología IV, se manejan simultáneamente como estrategias didácticas.

“Las estrategias de enseñanza son procedimientos que el agente de enseñanza utiliza de forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos” (Díaz y Hernández, 2002).

A diferencia de las estrategias de aprendizaje como “aquellos procedimientos que un alumno adquiere y emplea de forma intencional como instrumento flexible para

aprender significativamente, solucionar problemas y demandas académicas". (Díaz y Hernández, 2002). Por ello debería especificarse cuales serán cada una en los diferentes temas, utilizando toda la gama de estos procedimientos (Hernández, 1998).

Otro punto de interés son los propósitos planteados en cada unidad, los cuales dan evidencia de lo que los alumnos alcanzarán; sin embargo, en la mayoría de las unidades el nivel que se pretende es de comprensión o estudio, y en algunas unidades se plantea un cambio de actitud hacia la naturaleza y formas de vida que no especifica hacia donde el cambio. Y surgen las interrogantes, ¿la comprensión de procesos biológicos por sí misma, conduce a cambios de actitud? ¿qué factores influyen? ¿cómo promover cambios de actitud? Sin duda se requiere el manejo de otros elementos psicológicos más dirigidos que den cuenta de ello, y que faltaría precisar.

En particular, la primera unidad no tiene introducción e integración al final como en otras unidades. Cabe señalar que el tema metodologías de investigación en biología merecería atención especial y el tema de laboratorio escolar se plantea como tema contenido y no como una actividad constante, necesaria en la investigación científica. Además, lo más referido es el uso de investigación bibliográfica, pero como ya se mencionó, sin contrastación.

No resulta claro como en la segunda unidad que tiene una secuencia natural de complejidad, se fragmente tanto la integración, plantea que los alumnos formarán equipos de trabajo y cada equipo diseñará modelos, sin precisar el tipo de modelo, su nivel y alcance; parecería que su utilidad es únicamente para explicar los

diferentes niveles de organización. Las prácticas de laboratorio como: observación de cortes histológicos, partes de la flor, cortes transversal de hoja y tallo se ubican en un rango muy amplio, que saltan sin orden entre diferentes niveles de organización y reinos.

En la tercera unidad se introduce el modelo de *Drosophyla*, para un tema y cabría preguntarse si este organismo podría ser el eje temático para la unidad. Sin embargo se pondera la gran cantidad de temas, y probablemente el poco tiempo disponible solo permita una enseñanza parcial, expositiva y conceptual. Resalta en varios temas la estrategia de análisis y discusión grupal que sin duda es importante desarrollar para elevar el nivel de pensamiento formal en los alumnos.

La unidad sobre evolución de los seres vivos se aborda en la cuarta unidad y presenta una introducción e integración al final, pero el tipo de preguntas inductoras son de un alto nivel de complejidad, sin proponer cómo abordar tal situación. Básicamente se construye a nivel teórico descriptivo.

En la quinta unidad resalta la integración de varios temas vinculados con las estrategias didácticas, propone el planteamiento de problemas de diversidad biológica que sean abordados a lo largo de toda la unidad, lo cual representa un buen avance, sin embargo no se precisa ni la profundidad ni el manejo de contenidos.

Por último, la sexta unidad representa un gran reto debido a la extensa cantidad de temas teóricos conceptuales que en particular puede confundir, por ejemplo: si se pretende un cambio de actitud hacia respeto de la naturaleza o sensibilización

a problemas ecológicos o la caracterización de principios y problemas ecológicos, lo cual básicamente depende de la prioridad que dé cada profesor.

Así, las estrategias didácticas en general, muestran aleatoriamente diferentes niveles de complejidad y profundidad de conocimientos biológicos, que contribuyen a un conocimiento fragmentado de la ciencia, en algunos es a nivel teórico, comparativo y las prácticas no promueven cambios conceptuales, ni se visualiza la integración de los procesos macrobiológicos.

A este respecto Chamorro (1999), señala que la alta reprobación y bajos promedios se deben en parte a las estrategias didácticas empleadas por el profesor e incluso por el manejo poco integrador de contenidos. Por tanto, el éxito de un curso depende en gran medida de las estrategias didácticas desarrolladas por el profesor y los alumnos en la apropiación de conocimientos.

2.4 Correlación con los programas de CCH

Los programas de estudio de tercero y cuarto semestre de biología I y II, corresponden paralelamente al programa de biología IV de la Escuela Nacional Preparatoria, con las siguientes características: 1) Presentación, 2) Enfoque de la materia, disciplinario y didáctico, 3) Evaluación y 4) Bibliografía (Planes de estudio, CCH. UNAM, 1996).

El curso Biología I incluye los propósitos del curso y los siguientes contenidos temáticos: primera unidad: ¿cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos?, segunda unidad: ¿cómo se lleva a cabo la regulación,

conservación y reproducción de los sistemas vivos?, y tercera unidad: ¿cómo se transmite y modifica la información genética en los sistemas vivos?

El curso de Biología II tiene como contenido temático dos unidades: primera unidad: ¿cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos? y segunda unidad: ¿cómo interactúan los sistemas vivos con su ambiente? (Planes de estudio, CCH. UNAM, 1996)

En general, la organización de contenidos varía con respecto a los contenidos de la Escuela Nacional Preparatoria, con una reducción de contenidos y temáticas como la unidad “La biología como ciencia”, que maneja la metodología científica, y la quinta unidad sobre “La historia evolutiva de la diversidad biológica”. Sin embargo, el programa de CCH precisa en dos unidades una unidad del curso de Preparatoria: “Procesos para la continuidad de la vida”.

El desglose de estrategias, básicamente propone: detectar conocimientos previos, búsqueda de información e interpretación, trabajo en equipo para experiencias de laboratorio o de campo, elaboración de informes, construcción de modelos, uso de materiales, asistencia a diversos eventos, debates y mesas redondas para análisis y discusión, las cuales se proponen en todas las unidades, independientemente del tema. Cabe señalar que separa en tres columnas aprendizajes, estrategias y temática, al final, muy parecido a como se manejaban los temas para una clase anteriormente, en la época de la tecnología educativa, pero sin la gran cantidad de objetivos conductuales. Lo novedoso es que las estrategias consideran la premisa inicial del constructivismo sobre la cual se inicia, es decir conocimientos previos, y no resulta claro si las estrategias planteadas se deben ajustar a cada tema de

aprendizaje. Pero sobre todo no se propone ningún modelo biológico que de cuenta de los procesos biológicos. Sólo se maneja a nivel teórico conceptual la necesidad de estudiar procesos biológicos integradores, como es el caso de la segunda unidad, sobre procesos de regulación, procesos de conservación y procesos de reproducción. Por ello, las innovaciones pedagógicas sin duda están en la forma como cada profesor ajusta, amplía y lleva a cabo su labor.

Chamorro (1999), señala que en México destacan dos modelos en el currículo de bachillerato: el "tradicional" y el "moderno". El modelo tradicional representado en la Escuela Nacional Preparatoria y que a través de éste se reproduce el modelo positivista de sentido enciclopédico con fuerte acento en la información y un alto grado de disociación entre los contenidos. Y el modelo moderno representado en el Colegio de Ciencias y Humanidades y en el Colegio de Bachilleres, que intenta subrayar la dimensión formativa, el dominio de métodos y lenguaje, la capacidad del estudiante para resolver problemas. Sin embargo, por diversas causas su alcance no ha sido el proyectado.

En particular, Díaz (1997), encontró que existen varios tipos de programas escolares, que a menudo entran en conflicto: 1) el plan de estudios oficial, 2) los programas de materia de la institución o academia de maestros, y 3) el programa del propio docente que imparte la materia. Este último implementa en la cotidianidad, con los siguientes matices: no especifica los objetivos de aprendizaje, ni tampoco aplica al enseñar teorías científicas o pedagógicas puntuales sino, más bien, toma como punto de partida los temas a enseñar, el número de sesiones disponibles, las restricciones o facilidades que tienen en la

escuela, y los problemas que vislumbran en sus alumnos (Díaz, 1997; Díaz, 2004).

Además cabe preguntarse si los profesores tienen formación en el área psicopedagógica, para interpretar los programas de estudio.

En general, tanto los programas de biología del bachillerato como los del CCH de la UNAM presentan gran claridad en la ubicación en el plan de estudios, sus propósitos, contenidos curriculares, secuenciación, congruencia y vigencia.

Sin embargo, los rubros sobre estrategias didácticas o actividades de aprendizaje como: lectura de textos, investigación documental, debate en clase, trabajo en equipo, planteamiento de problemas, prácticas de laboratorio y de campo, merecen tratarse con mayor cuidado y precisión de lo que se pretende alcanzar y sobre todo debe existir congruencia en el nivel de pensamiento que se logre, porque no representa lo mismo para un alumno, una diferenciación conceptual, que la elaboración o diseño de un modelo según el tema, sin antes precisar el tipo de modelo a desarrollar.

La variabilidad de estrategias permite a los profesores, enseñar de diversas maneras, de acuerdo a diferentes teorías pedagógicas, sin embargo, su iniciativa, creatividad y desempeño se fortalecería si considera simultáneamente los aportes psicopedagógicos y cuenta con modelos biológicos concretos que le permitan enseñar con mayor calidad.

En el siguiente capítulo se describen las características del género, que se propone como modelo biológico.

Capítulo 3 Caracterización de *Ambystoma* como modelo biológico

Tradicionalmente gran número de vertebrados han servido de modelo para múltiples estudios de evolución y ecología. Esto es porque las características morfofisiológicas de cada grupo dependen de su plasticidad fenotípica, de su historia de vida y procesos evolutivos (Flores y Gallegos, 1993).

En este sentido se intenta abordar algunas características generales y morfofisiológicas del género *Ambystoma* que permitan visualizarlo como modelo simplificado de los tetrápodos.

En particular considera algunas especies representativas como: *A. mexicanum*, *A. tigrinum* y *A. velasci* en relación con los procesos de metamorfosis, neotenia y paedomorfosis.

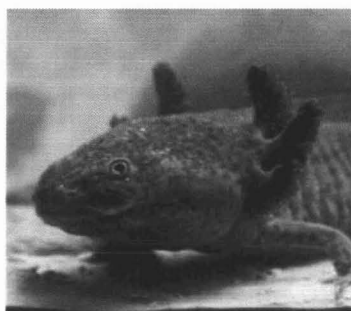
3.1 Generalidades

Desde la Antigüedad llamó la atención a los exploradores del continente americano, un cierto “pez con cuatro patas”, como fue descrito. El cual no era inadvertido por los aztecas que lo llamaban “axolotl”, siendo parte de su dieta en grandes cantidades hervido o aderezado en platillos especiales (Cendrero, 1972; Montaña, 1995). En la actualidad, muy apreciado como alimento nutritivo y sabroso para las comunidades, es considerado como un regalo de México al mundo, debido a múltiples razones, entre otras, el ajolote conserva características de milenios atrás y parece haber olvidado su capacidad de vivir fuera del agua:

simplemente sube a la superficie para respirar y de nuevo se sumerge. Además de su capacidad de regenerar miembros perdidos e incluso parte del cerebro (Stephan-Otto y Ensástigue, 2001).

Fray Bernardino de Sahagún hacía referencia a ellos como “unos animalejos en el agua llamados axolotl”, con cola y cuerpo de águila, boca ancha y barbas en el pescuezo.

Figura 3.1 *Ambystoma mexicanum* (axolotl)



Tomado de Encarta G.I. Bernard/Oxford Scientific Films

Su aprecio en distintas comunidades de México está relacionado con su utilización como alimento o medicinal; para curar inflamaciones del hígado, hidropesía y anemia infantil (Montaño, 1995; Gatti, 1985; Dibble y Andersons, 1979).

Desde Aristóteles la clasificación de las salamandras y demás anfibios comenzó con la inclusión de este grupo con los reptiles, basados en características externas. Pero el naturalista John Ray (1693), consideró a los anfibios como organismos de sangre fría, con un corazón con dos aurículas y un ventrículo. Sin embargo fue muy significativo el evento de metamorfosis para la clasificación y separación del grupo de los anfibios (Adler, 2003).

Actualmente la clase Amphibia incluye tres ordenes: Urodela (Caudata), con 10 familias (470 sp); Anura, con 29 familias (4,380sp) y Gymnophiona, con 5 familias (170sp) (Halliday, 2002).

Los términos Urodela y Caudata han sido usados indistintamente para salamandras vivientes. Caudata, Scopoli (1777), como anterior a Urodela, Duméril (1806) (citados por Adler, 2003).

El orden de los urodelos se caracteriza por presentar: cabeza, tronco, cola y dos pares de extremidades iguales. En particular la familia Ambystomidae con un género: *Ambystoma* incluye 32 especies ampliamente distribuidas desde Cánada hasta México, costas del Pacífico y Atlántico, además de la meseta central de México (Flores, 1993).

El naturalista G. Cuvier (1805), publica el primer tratado anatómico del grupo de las salamandras, considerando la morfología de huesos y músculos que habían sido descritos anteriormente por otros anatomistas europeos como: P. Belon (1517-1564) y C Perrault (1613-1680) (citados por Adler, 2003).

Sin embargo, debido a la situación confusa del estado adulto y diferentes formas larvales, Cuvier ubicó a *A. mexicanum* como una forma larval, demostrándose con estudios posteriores que comienza su madurez sexual aún reteniendo características larvales (Kuhn, 1989).

Por tanto se ha extendido el nombre de ajolote a muchas especies del mismo género y también ha sido aplicado a adultos con branquias de diferentes especies (Brandon, 1989).

El género *Ambystoma* se ha utilizado en múltiples investigaciones a nivel mundial, en diferentes líneas de investigación, como: desarrollo morfológico (Ashley y col, 1991); metamórfico (Duellman y Trueb, 1986; Brandon, 1989; Kuhn y Jacobs, 1989); reproducción (Lofts, 1984; Norris y col, 1985; Stebbins y Cohen, 1995); sistemática (Jones y col, 1988); evolución (Gould, 1977; Alberch, 1979); así como estudios genéticos relacionados con su biología y desarrollo (Humphrey, 1975; Malacinski, 1978;).

Por lo tanto el género, representa un grupo importante de estudio, no sólo por sus características únicas, sino también por ser un grupo representativo en México, con especies como: *A. mexicanum*, *A. rosaceum*, *A. velasci*, *A. flavipiperatum*, *A. dumerilii*, *A. lermaense* y *A. granulatum* (<http://research.amph.org/herpetology/> 15, julio 2002).

Además, Shaffer y Mcknight (1996), reorganizan taxonómicamente en *A. velasci* a distintas especies de *A. tigrinum* distribuidas en México, derivado de estudios genéticos y moleculares, donde *A. tigrinum* es parafilético con respecto a numerosas especies mexicanas, las cuales tienen formas perenebranquiadas con una distribución geográfica restrictiva (Larson y col, 2003).

En particular las especies *A. mexicanum* y *A. velasci* son consideradas para el objetivo de estudio por las siguientes características.

A. mexicanum es originario de los lagos de Xochimilco y Chalco, cuya población actualmente es vulnerable, en contraste con *A. velasci* con una distribución desde el sur de Chihuahua a lo largo de la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transversal, centro de México, hasta Veracruz y San Luis Potosí.

Sin embargo en estudios biológicos, no es indistinta la elección de la especie. Hay características que deben ser consideradas, para trabajar el género; de acuerdo con el objetivo del estudio. Como ejemplo el cuadro muestra algunas diferencias entre dos de las especies presentes en México.

<i>Ambystoma mexicanum</i> (Shaw, 1789)	<i>Ambystoma velasci</i> (Dugès, 1888)
Está en peligro de extinción (vulnerable)	No esta en peligro de extinción
Presenta neotenia obligada	Presenta neotenia facultativa
Hábitos generalmente acuáticos	Hábitos semiacuáticos
En su hábitat natural no presenta metamorfosis	Puede experimentar metamorfosis, en su hábitat natural
Su distribución es endémica (Lago de Xochimilco)	Se distribuye ampliamente en México.

(Duellman y Trueb, 1986; Brandon, 1989; Halliday, 2002; Larson y col, 2003)

Para los objetivos y finalidad de este trabajo en particular nos referiremos a:

A. velasci por considerarlo modelo representante, dadas las características antes mencionadas. Sin embargo, hay que reconocer que ha sido un ambistómido con gran complicación taxonómica, debido a probables procesos de especiación en diferentes cuerpos de agua en México (Brandon, 1989; Montaña, 2003).

Originalmente se reportó como parte del complejo *A. tigrinum* relacionado con 15 subespecies, situadas en la meseta de México, cuyas poblaciones presentaban particularidades tanto del orden taxonómico como biológico, susceptibles de ser estudiadas ya que sugieren un alto éxito para establecerse en la región (Montaña,

2003; Larson y col, 2003). Y actualmente son clasificadas como *A. velasci* por presentar especies endémicas (<http://research.amph.org/herpetology/> julio 2002).

Dentro de las características externas del estado adulto de *Ambystoma* presenta: un cuerpo robusto y alargado, con cuatro miembros, boca ancha, cabeza con pocos huesos y pequeños ojos, prominentes surcos costales y línea lateral (Larson y col, 2003).

Las larvas acuáticas poseen una aleta que corre por el dorso hasta desaparecer a nivel de la cloaca, tiene a ambos lados de la cabeza tres pares de branquias externas largas y plumosas; mide en promedio 18 a 20 cm. Su piel en la parte dorsal y lateral presenta manchas oliváceas o amarillentas de forma irregular sobre un fondo café oscuro o negro y en la parte ventral color amarillo oliva (Montaño, 1995)

3.2 Metamorfosis

La metamorfosis ha sido descrita como la capacidad de un organismo para experimentar cambios drásticos durante su desarrollo y colonizar el medio terrestre (Hickman y col 1988).

El género *Ambystoma* puede experimentar o no metamorfosis, presentando frecuentemente neotenia, en la cual los organismos alcanzan la madurez sexual mientras aún conservan el estado larval (Brandon, 1989).

Se ha descrito como responsable directa de la metamorfosis la regulación del eje neuroendocrino hipotálamo-hipófisis-tiroides. Donde el hipotálamo funciona como reloj biológico, regulando el control y liberación de la TSH (Hormona liberadora de

la tiotropina) hacia la pars distalis de la adenohipófisis, la cual estimula la síntesis de hormonas tiroideas T_3 y T_4 que estimulan la metamorfosis (Montaño, 1995).

Participación igualmente importante lo representa la glándula pineal, la cual sintetiza diferentes compuestos químicos, el principal, la melatonina, involucrada en la coordinación de procesos fisiológicos cíclicos, sincronizados con la iluminación diaria y estacional (fotoperíodo). Además de su participación en la reproducción y en la respuesta cromática primaria, es decir, participando en la pigmentación adaptativa (Rivas, 2002).

En particular, la glándula tiroides durante la metamorfosis se desarrolla considerablemente, promueve la maduración de diversas estructuras como el cerebro y los huesos y después de la metamorfosis se ha observado que decrece su actividad (Rivas, 2002).

Relacionado el proceso metamórfico con otras hormonas, tenemos que la somatostatina liberada por el hipotálamo regula la función de células tirotrópicas, inhibiendo la secreción de TSH (Montaño, 1995; Balinsky y Fabián, 1983).

Además se ha observado que hormonas adrenocorticoides administradas simultáneamente con hormonas tiroideas inducen y aceleran la metamorfosis, por lo tanto la existencia relativa de altos niveles de corticoides circulando en larvas donde cursa la metamorfosis, sugieren la participación fisiológica de corticoides en eventos metamórficos.

La participación de la prolactina en el crecimiento de anfibios es más activa en larvas que en adultos en crecimiento. Además de ser un antagonista de la acción de la hormona tiroidea, suprimiendo cambios metamórficos (Kikuyama y col,

1993). Además está relacionada con un efecto osmoregulador en los tejidos de anfibios, lo cual sugiere un requerimiento de prolactina en procesos de adaptación al agua (Brown y Brown, 1987, citado por Kikuyama y col, 1993).

Por tanto, la metamorfosis está regulada bajo un control multihormonal y la secreción y función de estas hormonas es regulada por varios factores (Kikuyama, 1993) que desencadenan cambios metamórficos de diversa índole como: regresión de estructuras y funciones en el estadio larval, transformación de estructuras larvales hacia formas útiles al adulto o incluso desarrollo de "novo" de estructuras ventajosas a los adultos (Montaño, 1995; Norris y col, 1985).

Tres estados metamórficos han sido definidos:

1. Premetamorfosis, caracterizada por un gran crecimiento y desarrollo de estructuras larvales, sin cambios metamórficos (único en anuros)
2. Prometamorfosis, como periodo continuo de crecimiento, especialmente de miembros e iniciación de pequeños cambios metamórficos y
3. Clímax, como periodo de cambios radicales que culmina con pérdida de características larvales (Etkin 1932, citado por Duellman y Trueb, 1986).

Existen aspectos endocrinos y morfológicos contrastantes entre las etapas del proceso metamórfico (etapas previas y posteriores a él), por lo que es muy práctico utilizar las características externas visibles para categorizar los estadios de larvas tempranas, larvas tardías, adultos neoténicos, larvas metamórficas y salamandras (Montaño, 1995).

Las larvas tempranas de *A. velasci* tienen un peso promedio de $37.9 \pm 17.35\text{g}$ y una longitud total promedio de $16.48 \pm 2.5\text{cm}$, donde no se alcanza a distinguir el

sexo. Las larvas tardías con un peso promedio de $61.42 \pm 15.27\text{g}$ y una longitud de $19.62 \pm 2.8\text{cm}$, en los cuales se puede definir el sexo al analizar la gónada microscópicamente. En cambio, los adultos neoténicos tienen una longitud promedio total de $25.1 \pm 2.2\text{cm}$ con un peso promedio de $129.05 \pm 32.39\text{g}$, son los organismos más grandes con branquias bien desarrolladas en contraste con las salamandras terrestres, sin branquias, ni pliegue de la aleta media dorsal y caudal con una longitud promedio de $19.0 \pm 1.87\text{cm}$ y un peso de $38.26 \pm 13.77\text{g}$. Donde además en etapa reproductora, los adultos machos, tienen glándulas cloacales sumamente desarrolladas, observables macroscópicamente que permite reconocerlos claramente de las hembras (Montaño, 1995).

Desde principios del siglo pasado se reconocieron los principales cambios histológicos ocurridos durante la metamorfosis de *A. tigrinum*. Se observaron grandes transformaciones en piel, desde cambios de color, con aumento de glándulas, además de asumir parte de la función respiratoria, al aumentar su vascularización (Rockwood, 1935).

Estudios actuales detallan mayores cambios morfológicos en piel que involucran: formación de glándulas dérmicas; degeneración de la piel de la cola, de branquias, del opérculo y proliferación de la piel de los miembros (Duellman y Trueb, 1986). También se han documentado cambios en la reestructuración de boca y cabeza; calcificación del esqueleto en general, cambios en músculos, nervios, sistema sensorial, modificación de función renal y tracto gastrointestinal, debido al cambio de ambiente (Duellman y Trueb, 1986).

Entre los factores que inducen la metamorfosis se encuentran factores genéticos, ambientales y el estado endocrino de los organismos. Dentro de los factores ambientales se han reportado que el aumento de temperatura, la disponibilidad de alimento, el fotoperíodo, el pH, el contenido de yodo en agua (Norris y col, 1985), la altitud, la estabilidad del hábitat (Bizer, 1978) e incluso el estrés por captura y confinamiento o reducción de cuerpos de agua pueden inducir la metamorfosis (Montaño, 1995).

Por tal razón los aspectos endocrinos de la metamorfosis necesitan ser estudiados bajo diversas condiciones ambientales para llegar a entender los posibles efectos sinérgicos de hormonas y factores ambientales (Duellman y Trueb, 1986). Lo que en general se puede concluir es que las presiones ambientales, inducen la metamorfosis y la colonización del medio terrestre y le permiten reproducirse como adulto terrestre (salamandra) en cuanto las condiciones ambientales son favorables (Stebbins y Cohen, 1995).

3.3 Neotenia

Los individuos con capacidad para retener características juveniles durante toda su vida, ser maduros sexualmente sin experimentar metamorfosis, se denominan neoténicos (Gilbert, 1985).

Investigaciones sobre esta capacidad han evidenciado diferentes bloqueos de la metamorfosis a través de órganos a lo largo del eje hipotálamo-hipófisis-tiroides de las salamandras, como en *A. mexicanum*, que no experimenta metamorfosis en la naturaleza, debido a que no libera TSH activa para estimular sus glándulas

tiroideas; sin embargo, cuando fueron adicionadas hormonas tiroideas o TSH, se encontró que experimentaba metamorfosis, convirtiéndose en un adulto no conocido en la naturaleza (Huxley, 1920, citado por Gilbert, 1985).

En cambio se ha observado el fenómeno de neotenia facultativa en larvas de *A. velasci*, donde retienen sus branquias, permanecen en el hábitat acuático y se reproducen sin experimentar metamorfosis, pero si existe un cambio ambiental, como por ejemplo aumento de la temperatura del agua, entonces se desencadena la metamorfosis, que permite a los organismos, colonizar el medio terrestre como salamandra (Stebbins y Cohen, 1995; Montaña, 2003).

Entre las salamandras tenemos otros ejemplos como la especie *Eurycea neotenes*, que se metamorfosea, si se expone a concentraciones altas de tiroxina, mientras que los géneros *Necturus* y *Siren* no responden a ninguna dosis, por lo tanto su neotenia es obligada (Frieden 1981, citado por Gilbert, 1985).

Estas variaciones motivaron a Gould (1977), a plantear que la neotenia es un factor principal en la evolución de los tetrápodos, debido al retardo en el desarrollo de los tejidos somáticos. Lo cual aporta un sustrato único y flexible a la selección natural. Por lo que la neotenia resulta como un escape a la especialización de organismos adultos y abre la posibilidad a las larvas jóvenes de abrir camino en nuevas direcciones evolutivas (Gilbert, 1985).

Asimismo la correlación evolutiva según Gould (1977), se manifiesta principalmente, como madurez sexual atada al tiempo cronológico ancestral, con metamorfosis retrasada (Roth y Nishikawa, 1993).

3.4 Paedomorfosis

Originalmente los términos paedomorfosis y neotenia fueron utilizados para referirse a la condición perenebranquial de ambistómidos (Larson y col, 2003).

Procesos característicos de el género *Ambystoma*, la paedomorfosis (aparición de características juveniles ancestrales en estadios tardíos de la ontogenia de los descendientes) (Hickman y col, 1988), y la neotenia (prolongación de la vida larval) (Stebbins y Cohen, 1995), dan elementos de interés para un análisis filogenético de sus características actuales y contrarrestan la idea de una evolución lineal y antropocéntrica de la evolución animal. Donde la idea de un progreso evolutivo unidireccional ha sido confrontada por la opinión de que las clases de vertebrados tienden a evolucionar independientemente, en un patrón radiado y divergente (Northcutt, 1984, citado por Roth y Nishikawa, 1993).

Por ello resulta difícil establecer el status evolutivo de las salamandras, debido, entre otras cosas, a que al parecer, su cerebro es más simple que el de los condrictios, actinopterigios y lampreas en algunos aspectos, y por lo tanto, menos complejo en relación a su posición filogenética entre los tetrápodos. A pesar de que se sabe que las salamandras no son filogenéticamente la base de los vertebrados, sus cerebros han sido estudiados por neuroanatomistas comparativos, como ejemplo del estado ancestral del cerebro de los vertebrados (Herrick, 1914; Eric, 1948; Leghissa, 1962, citado por Roth y Nishikawa, 1993).

Este cerebro reducido y protegido por un cráneo con pocos huesos, sugiere que ha conservado primitivamente una organización simple durante la evolución, por lo cual muchos investigadores se han preguntado ¿Si esta morfología primitiva

del cerebro es primaria, secundaria o derivada de un estado ancestral complejo?
¿Si el cerebro de las salamandras es derivado? ¿Cuáles son los mecanismos que derivaron en esta simplificación? y ¿Cuáles son las consecuencias funcionales de la simplificación? ((Roth y Nishikawa, 1993)

Algunas posibles explicaciones los han conducido al concepto de paedomorfosis, descrito como un estado en el cual los adultos de un grupo poseen una morfología que caracteriza a los grupos jóvenes de otros grupos, que no son sus ancestros (Alberch y col, 1979; Roth y Nishikawa, 1993).

En este sentido la paedomorfosis puede resultar de un proceso heterocrónico (cambio en el tiempo relativo de aparición y tasa de desarrollo de los caracteres ya presentes en los ancestros) (Hickman y col, 1988), que afecta a todo el organismo (Raff y Gras, 1989, citado por Roth y Nishikawa, 1993). Y de esta manera la simplificación secundaria del cerebro puede venir, no rasgo por rasgo, sino en paquete, con algunas especializaciones (Gould, 1977; Roth y Nishikawa, 1993).

Lo anterior se deduce de estudios morfológicos, genéticos y evolutivos que plantean la hipótesis de que la simplificación secundaria en el sistema nervioso de las salamandras resulta del alargamiento del genoma, que en el caso de salamandras y peces pulmonados es el más largo, salamandras (26 y 44pg DNA) (Larson, 2003). Comparado con reptiles (2.5pg DNA), aves (1.5pg DNA) y mamíferos (3.3pg DNA) (Olmo, 1983, citado por Roth y Nishikawa, 1993).

Estudios filogenéticos han comparado múltiples características que incluyen: la morfología y desarrollo de órganos sensoriales como sistema visual, auditivo, línea lateral y olfatoria, así como sistema nervioso central en diferentes grupos, los

cuales han sido interpretados como una simplificación secundaria de una condición ancestral más compleja, vinculada a un patrón evolutivo paedomórfico que resulta del incremento del tamaño del genoma, el cual se relaciona positivamente con el tamaño de las células y correlaciona negativamente con la proliferación y diferenciación celular ((Roth y Nishikawa, 1993).

Según Roth y Nishikawa (1993), la simplificación secundaria de muchos órganos y del cerebro, se han visto compensado con otros mecanismos, para restaurar o incluso incrementar la función cerebral. Por lo tanto, la paedomorfosis muchas veces lleva a explicar aspectos de la evolución de las salamandras, relacionados con su neotenia y metamorfosis, siendo necesario investigar y revalorar el desarrollo evolutivo de las salamandras, debido a que muestra diferentes caminos, donde en algunos casos compensa la carencia de la especialización morfológica de varios órganos en comparación con otros vertebrados.

En los urodelos el modo de vida metamórfico, neoténico y el patrón evolutivo paedomórfico juega un doble significado, tanto en su historia de vida, como en la diversificación de estructuras, para coexistir en distintos hábitat, como el caso del aparato respiratorio, cuyas estructuras incluye: branquias internas y externas, pulmones y piel, usados para el intercambio de gases en ambientes acuático y terrestre (Boutiler y Shoemaker, 1992, citado por Bruce, 2003).

Estos aspectos podrían considerarse como eje de enseñanza-aprendizaje en el modelo biológico debido a que los procesos morfofisiológicos y evolutivos están íntimamente relacionados.

Capítulo 4 Modelo biológico-didáctico

Un “modelo” es considerado como la construcción conceptual que da cuenta de un evento o fenómeno (Flores y Gallegos, 1993). Su validez esta en función de la pertinencia y concreción que pueden tener sus elementos.

Desde la perspectiva pedagógica un “modelo mental” es una representación cognitiva de partes esenciales de un sistema, a la vez que de las relaciones causa-efecto (Mayer, 2002).

Asimismo un modelo didáctico combina y adapta varios modelos para que ayuden a cumplir diferentes metas, retomando modelos basados en diferentes marcos teóricos, los cuales pueden ser compatibles desde diversos ángulos (Eggen y Kauchak, 2001). En este sentido el modelo biológico-didáctico que se propone, pretende dar elementos teóricos tanto del orden biológico como didáctico que permitan visualizarlo como tal.

4.1 Modelos en biología

Desde el punto de vista de E. Mayr la biología es un área muy compleja. Postula que la palabra *biología* es una etiqueta para dos campos separados que difieren enormemente en metodología y conceptos básicos. Tan pronto como uno va más allá de la pura descripción estructural de la biología, uno se encuentra con dos áreas muy diferentes, que pueden ser llamadas *biología funcional* y *biología evolutiva*. Los dos campos tienen, naturalmente, muchos puntos de contacto y traslape. Cualquier biólogo que trabaje en cualquiera de estos dos campos debe

tener conocimiento y apreciación del otro campo si no quiere ser considerado un especialista de criterio estrecho (Mayr, 1982).

La biología funcional está relacionada con la operación e interacción de elementos estructurales, desde moléculas hasta órganos e individuos completos. La pregunta que siempre se repite es "¿cómo?" ¿cómo funciona algo?, ¿cómo se dirige su funcionamiento? La técnica principal del biólogo funcional es el experimento, y su aproximación es esencialmente la misma que la del físico o la del químico (Mayr, 1982).

El biólogo evolutivo difiere del anterior en metodología y en los problemas que le interesan. La pregunta básica que se hace es "¿por qué?"; pero puede querer decir "¿cómo fue?", teniendo siempre en mente el proceso histórico (Mayr, 1982).

En este sentido no hay casi ninguna estructura o función en un organismo que puedan ser entendidos completamente, a menos de que se estudie tomando en cuenta su secuencia histórica. La preocupación principal del biólogo evolutivo es encontrar las causas de las características existentes en los organismos y en particular las adaptaciones que los organismos han tenido a través del tiempo. El biólogo evolutivo está maravillado con la enorme diversidad del mundo orgánico. Por eso se interesa por conocer las razones de la existencia, así como el camino por el cual se logró esta diversidad (Mayr, 1982).

En un lenguaje de la teoría de la información, el biólogo funcional trata con todos los aspectos de la decodificación de la información programada que contiene el ADN del cigoto ya fertilizado. Y el biólogo evolutivo, se interesa en la historia de

estos programas de generación en generación, es decir en las causas de estos cambios (Mayr, 1982).

Retomando éstas dos concepciones de la biología, nuestro modelo biológico pretende vincularlas, a través de los procesos de metamorfosis, neotenia y paedomorfosis presentes en *Ambystoma* y considerar causas próximas y causas últimas. Donde las causas próximas de estos eventos biológicos se vinculan con su estado fisiológico interactuando con la fotoperiodicidad y la temperatura. Y las causas últimas están relacionadas con su dotación genética y probablemente la restricción de algún factor externo como confinamiento, reducción de agua o alimento. Esto, debido a que los fenómenos biológicos son resultado de un grupo de causas próximas y un grupo de causas últimas; las cuales deben ser explicadas e interpretadas para comprender completamente un fenómeno dado. En relación a que las causas próximas gobiernan las respuestas de los individuos (y sus estructuras) a factores inmediatos del ambiente, mientras que las causas últimas son el resultado de la evolución del programa de información del ADN, con el cual están dotados todos los individuos de todas las especies (Mayr, 1982).

4.2 Modelos didácticos

Se han desarrollado diversos modelos alternativos, ubicados en la concepción constructivista, en diferentes niveles educativos dependiendo del núcleo de conocimientos y el alcance de las metas, los cuales son estructurados de manera diferente y han sido usados en combinación (Eggen y Kauchak, 2001).

En la enseñanza de la ciencia a nivel medio superior destaca el modelo de “aprendizaje como cambio conceptual” desarrollado por Posner y colaboradores (1982), el cual plantea que el aprendizaje significativo de las ciencias es una actividad racional semejante a la investigación científica y que este aprendizaje, concebido como un cambio conceptual, se da en condiciones equivalentes a las que se requieren para que haya un cambio de paradigma en la ciencia (Posner y col, 1982).

De acuerdo con el punto de vista tradicional, el aprendizaje implica la acumulación de más y más información en nuestra memoria. Por el contrario, el punto de vista del cambio conceptual es que el aprendizaje ocurre cuando nuestro modelo mental (o concepción inicial) es reemplazado por uno nuevo. De acuerdo con la teoría del cambio conceptual, el aprendizaje implica: 1) el reconocimiento de una anomalía, es decir, ver que nuestro modelo mental es inadecuado para explicar los hechos observables; 2) construir un nuevo modelo, que nos permita explicar los hechos y 3) usar un nuevo modelo, para hallar la solución, es decir ser capaces de operar mentalmente con nuestro nuevo modelo (Mayer, 2002).

Posner (1998), propone, que los currículos de ciencia sean orientados hacia el significado, pondera “a los estudiantes que dan sentido a su mundo y que entienden realmente lo que están haciendo” privilegiando los modelos cognitivo y experiencial. Plantea que en los programas se enseñen habilidades y conceptos solamente en el contexto de las experiencias y conocimientos previos de los alumnos, entrecruzando líneas temáticas y disciplinares. De este modo, los programas deberán estar organizados alrededor de trabajos aplicados,

profesionales y permanentes (proyectos, análisis de casos, propuesta de modelos, aprendizaje experiencial en escenarios reales y en investigación). Procurando que los profesores evalúen con mayor objetividad el desempeño, más que la adquisición de información, la demostración de competencias profesionales o el desarrollo de habilidades cognitivas complejas (Díaz y Hernández, 2002).

Por ello, el cambio conceptual se ha convertido en un término central en la investigación de la enseñanza de las ciencias y ha sido descrito desde múltiples perspectivas (Pacheco, 2004).

La teoría del cambio conceptual desde la perspectiva epistemológica está basada en una analogía entre el desarrollo conceptual de la ciencia y el de los individuos. Contiene la metáfora del “estudiante de ciencia como un científico”. La analogía sugiere que de la misma forma en que los científicos tienen un trasfondo de compromisos centrales que organizan su investigación, los estudiantes tienen un trasfondo de compromisos centrales que organizan su aprendizaje. El cambio conceptual ocurre cuando estos compromisos centrales requieren ser modificados: los científicos o los estudiantes deben adquirir nuevos conceptos y una nueva forma de ver el mundo (Pacheco, 2004).

4.3 Modelos del Pensamiento

Se han reportado cifras de un bajo rendimiento en los estudiantes en diferentes áreas del conocimiento y niveles educativos, cuyo origen es multifactorial. Como plantea Zarzar (2003), ¿A qué se debe que los alumnos del nivel medio superior no siempre egresen con la formación que se esperaría de ellos? Señala que las

causas que producen este efecto son múltiples. Entre las que destacan la falta de una orientación decidida, clara y efectiva por parte del sistema educativo, de las instituciones educativas y de los profesores de este nivel, a la formación y al aprendizaje de los alumnos.

Entre las posibles causas a nivel de pensamiento destaca la falta de activación y estímulo de sus capacidades mentales, como resultado de la poca capacidad para pensar, que se reflejan en poco análisis y pobre capacidad para resolver problemas e incluso limitada creatividad (Nickerson, 1987).

En particular, las estrategias didácticas del programa de biología IV del bachillerato enfatiza: el análisis, la discusión y modelos a desarrollar sobre temas centrales de la biología, pero es necesario valorar, considerando que existen alumnos que no han alcanzado niveles complejos de pensamiento o simplemente el nivel formal que se requiere. Por ello se tienen que fomentar capacidades para razonar, buscar relaciones entre objetos, grupos o fenómenos, realizar diseños experimentales, utilizar modelos para explicar la realidad (no sólo reales y concretos, sino que puedan ser explicitados en términos teóricos abstractos) con bases hipotéticas, de las cuales puedan aplicarlas para la resolución de problemas prácticos o interpretar la realidad (Gutiérrez, 1987).

Se debe incorporar estrategias didácticas que incluyan el desarrollo de habilidades del pensamiento a los contenidos temáticos del curso, procurando actividades innovadoras y ejercicios planeados que conduzcan al logro de operaciones mentales de mayor nivel (Mora, 1997; Reynaud, 2002).

En esta línea nuestra propuesta pretende elevar el nivel cognitivo de los alumnos, a través de actividades para cada nivel de pensamiento, considerando en: El primer nivel actividades que requieren el procesamiento de la información a nivel concreto o literal, para luego proceder al pensamiento a nivel inferencial o de la aplicación de la información, donde se desarrolle el análisis, síntesis y predicción, concluyendo con un tercer nivel que comprende actividades que promueven el pensamiento crítico, el diseño experimental y la evaluación de la información para valorar, e incluso tomar decisión en proyectos de investigación.

En cada nivel se planteará su propósito, se desarrollarán algunas actividades que promuevan habilidades del pensamiento vinculadas al contenido temático. Además en los enfoques se precisarán los conocimientos declarativos (hechos, conceptos y principios) como conceptuales, conocimientos procedimentales y actitudinales por medio de incógnitas eje que pueden conducir la enseñanza–aprendizaje de procesos biológicos.

4.4 Propuesta

Para la propuesta se retoman las principales características tanto del eje biológico como del eje didáctico, así como el encuadre necesario de la propuesta didáctica que supere y actualice la o las metodologías usadas en la enseñanza de la biología en el nivel medio superior (5º año del bachillerato). Todo esto, considerando los aportes de la biología funcional y evolutiva, así como un aprendizaje como cambio conceptual, basado en problemas y el conflicto

cognitivo. Asimismo se trata de proponer un marco de mejora de habilidades de pensamiento complejo y socialización del conocimiento.

A continuación se enlistan las principales cualidades del modelo biológico *Ambystoma* como modelo simplificado de la morfofisiología de los tetrápodos, que justifican su utilización en la enseñanza:

- Una historia de vida con una gran plasticidad fenotípica, en respuesta a los cambios ambientales, derivada de su carga genética y procesos evolutivos.
- Un proceso metamórfico evidente que implica cambios morfofisiológicos drásticos durante el desarrollo larval tardío y la maduración sexual.
- Un proceso neoténico de tipo facultativo que le permite en determinadas circunstancias permanecer en el agua y reproducirse con el fenotipo larval.
- Una simplificación del sistema nervioso a través de la paedomorfosis que resulta de procesos evolutivos complejos.

Desde el punto de vista didáctico, *Ambystoma* resulta interesante por:

- Poseer los elementos morfológicos y fisiológicos que caracterizan a los vertebrados terrestres, en diferentes ambientes (acuático y terrestre)
- Presentar a nivel macroscópico, una morfología externa que cambia drásticamente durante su desarrollo y permite su evaluación tanto cualitativa como cuantitativa en cautiverio.
- Presentar a nivel microscópico células de gran tamaño que permiten fácilmente su reconocimiento y caracterización.
- El acceso al manejo experimental durante su desarrollo de un ciclo de vida (desde huevo a adulto) en un año, para observar cambios morfológicos de

las diferentes etapas o incluso para inducir la metamorfosis en un tiempo relativamente corto (10 días).

- Su singular condición como organismo “antiguo” que vive en el presente y puede ser estudiado y valorado en distintas áreas del conocimiento.
- Representar un reto su manejo, cuidado y reproducción en cautiverio.
- Pertenecer a un género representativo de nuestro país e importante desde el punto de vista etnobiológico.

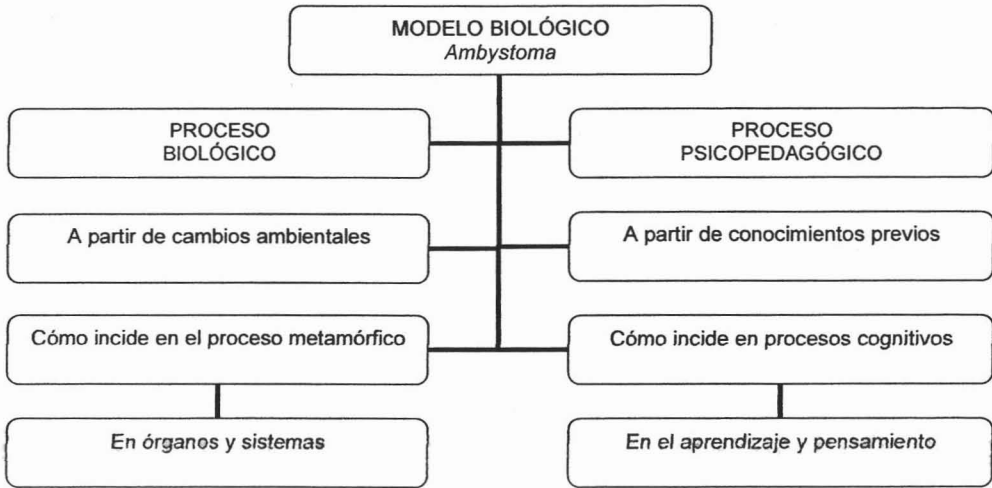
Se pueden seguir citando características que hacen sumamente atractivo a *Ambystoma* como modelo biológico-didáctico, sin embargo se han mencionado las más evidentes para el objetivo de este trabajo.

Fig. 4.1 *Ambystoma tigrinum* (salamandra)



(Tomado de Halliday, 2002)

Figura 4.2 Representación simplificada del modelo biológico-didáctico



Con la finalidad de:

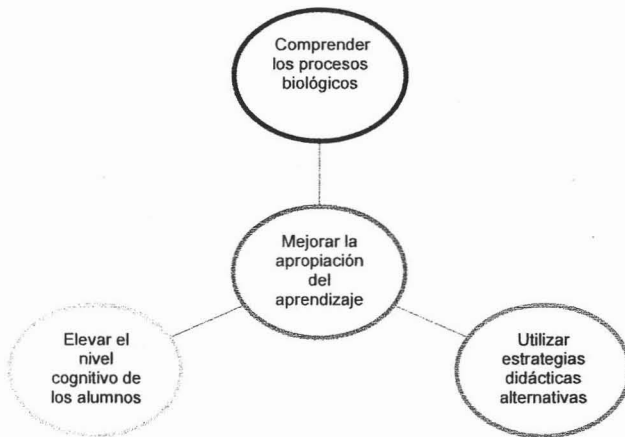
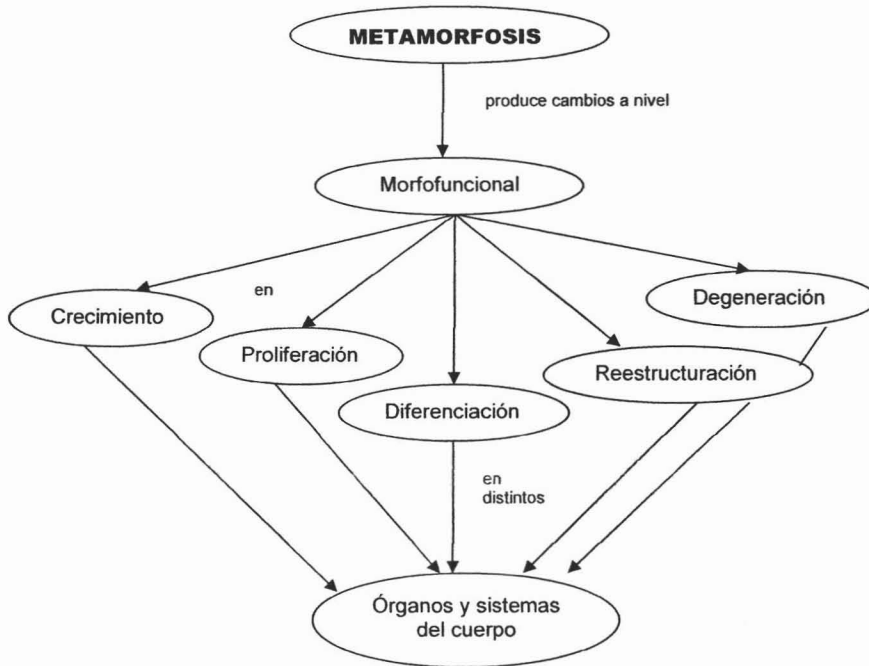


Fig. 4.3 Mapa conceptual del enfoque morfofuncional



**Preguntas inductoras
a nivel conceptual**

¿Qué implica la metamorfosis a nivel morfofuncional en Ambystoma?
¿Qué sistemas están implicados?

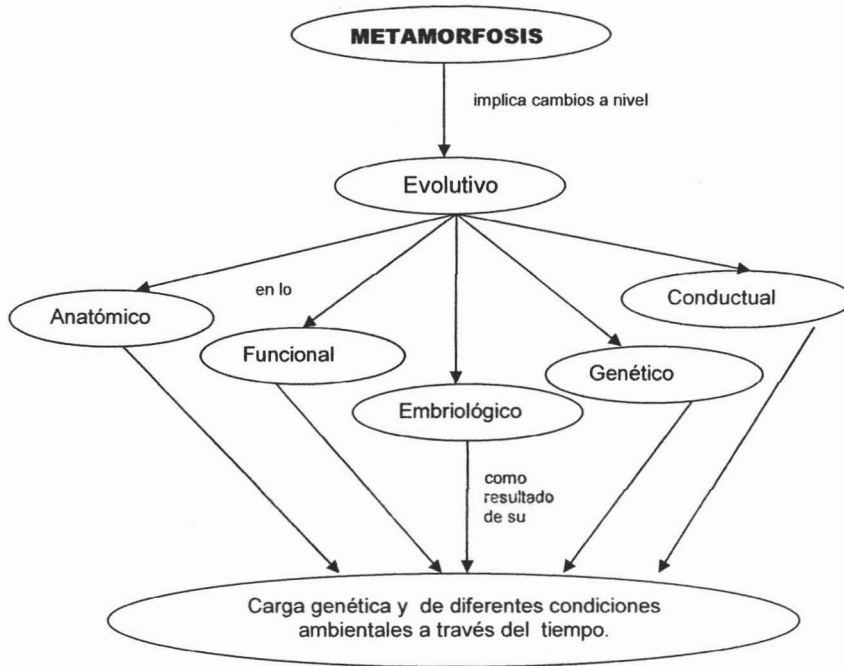
**Preguntas inductoras
a nivel procedimental**

¿Cómo podrían reconocer los cambios que experimenta el organismo, durante la metamorfosis en Ambystoma?
¿Qué instrumentos y técnicas se podrían utilizar?

**Preguntas inductoras
a nivel actitudinal**

¿Qué actitudes y conocimientos se deben promover para valorar la importancia de los ajolotes en nuestro país?

Fig. 4.4 Mapa conceptual del enfoque evolutivo



**Preguntas inductoras
a nivel conceptual**

¿Qué implicaciones evolutivas tiene la metamorfosis en Ambystoma?
¿Qué procesos están implicados?

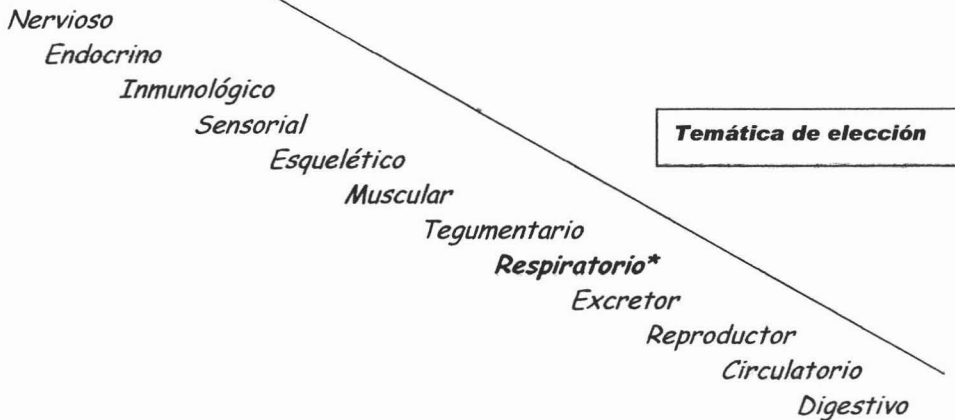
**Preguntas inductoras
a nivel procedimental**

¿Cómo podrían reconocer los procesos que experimenta el organismo, durante la metamorfosis a nivel evolutivo?
¿Qué instrumentos y técnicas se podrían utilizar?

**Preguntas inductoras
a nivel actitudinal**

¿Qué actitudes se deben promover para valorar la importancia de este organismo en la sociedad? y ¿Cómo se pueden promover éstas?

La elección de la temática se concretó al enfoque morfofuncional del sistema respiratorio, sin embargo, se puede ampliar el estudio a los siguientes sistemas, que experimentan cambios durante la metamorfosis.



El tipo de conocimientos que pueden promoverse, en todos los sistemas son, de tipo: conceptual, procedimental y actitudinal, como por ejemplo:

Nivel conceptual

De los cambios en el sistema* ¿Cuáles son externos y cuáles internos?
 ¿Cuáles son observables a nivel macroscópico y a nivel microscópico?
 ¿Cómo se relacionan éstos cambios con los demás sistemas?

Nivel procedimental

¿Cómo podemos visualizar los cambios a nivel experimental e interpretarlos?
 ¿Cuáles son los requerimientos instrumentales y técnicos para describir la morfofisiología del sistema en cuestión?
 ¿Cómo podemos interpretar los resultados?
 ¿Cómo podemos utilizar los resultados obtenidos para inferir su interrelación con otros sistemas?

Nivel actitudinal

¿Cómo valorar la importancia de los cambios en el sistema* durante el proceso metamórfico y cómo diseñarían un proyecto de investigación?

Capítulo 5 Estrategias didácticas del modelo biológico

5.1 Estrategias didácticas

Actualmente las estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias en la práctica son, en buena medida, derivaciones de teorías generales que intentan actualizar los enfoques pedagógicos, por lo que pueden tener una orientación piagetiana, sociocultural, constructivista u otra. Si bien dichas aproximaciones son adecuadas en términos generales, en la mayoría de las experiencias educativas no se cuenta con estrategias docentes concretas con base en más de una teoría, orientadas a propiciar experiencias constructivas de conocimiento científico en las dimensiones lógico-conceptual, epistemológico y tampoco vinculadas directamente con las experiencias de laboratorio (Campos y Gaspar 2004).

Diversos estudios de Campos y Gaspar (1996), han intentado hacer propuestas concretas, convencidos de que la comprensión de conceptos científicos es un importante objeto educativo, sin embargo reconocen que su carácter abstracto, su tratamiento en clase y diversos factores contextuales, obstaculizan su aprendizaje. Su propuesta de “estrategia didáctica” como modelo necesario para la construcción del conocimiento, considera las siguientes dimensiones:

- Nivel lógico-conceptual: como estructuración del conocimiento en los niveles de descripción, explicación y ejemplificación, de acuerdo con el modelo de análisis proposicional (MAP).
- Nivel epistemológico: se aborda el conocimiento desde la descripción y se procede a la argumentación y se llega a la explicación.

- Nivel de aproximación estratégico-didáctico (formatos intertextuales): referido a las formas de integración del contenido a actividades que se suceden en una clase y que pueden generalizarse al proceso curricular.
- Secuencia general de actividades: detectando el conocimiento previo, el tránsito de la actividad de reflexión sistemática, integrando los niveles anteriores, con el de ejemplificación como soporte (Campos y Gaspar, 1996).

En este sentido nuestra propuesta intenta incluir las dimensiones de la “estrategia didáctica” a nivel lógico-conceptual, en los niveles:

- Descriptivo:

¿Qué entiendes por metamorfosis?

- Explicativo:

¿Cómo se explica el proceso metamórfico en *Ambystoma*?

- De ejemplificación.

Da ejemplos de los cambios en el aparato respiratorio a nivel macroscópico y microscópico, durante el proceso metamórfico.

En cuanto a la enseñanza estratégica, otros investigadores sugieren tres etapas necesarias: la preparación para el aprendizaje, la presentación de los contenidos que se han de aprender y la aplicación e integración de los nuevos conocimientos. Su enfoque incluye actividades cognitivas que se llevan a cabo en la lectura de textos, el funcionamiento de la memoria, los procesos de pensamiento, el monitoreo y metacognición (Jones y col, 1987).

Así las estrategias son consideradas como los planes para dirigir el ambiente de aprendizaje, de tal manera que se proporcionen las oportunidades para lograr los objetivos, su éxito depende de los métodos y actividades empleadas, del uso de la motivación, así como de la secuencia, pauta y formación de equipos de trabajo (Cooper, 2003).

Aunque existe una gama muy diversa, a este respecto se deben considerar las siguientes fases:

- Cognoscitiva: donde el estudiante formará un mapa cognoscitivo de la habilidad que va aprender, considerando el propósito.
- Práctica: reconocida como la habilidad de ensayo y error o para desarrollar el contacto directo experimental.
- De conocimiento del desempeño realizado: como la habilidad de retroalimentación para mejorar sus conocimientos, habilidades o desempeño (Cooper, 2003).

Entre las sugerencias didácticas que propone Cooper (2003) para desarrollar, están: una comprensión conceptual de los temas, el uso de materiales didácticos y actividades prácticas, tomadas de datos reales y sobre todo retroalimentar los avances de los alumnos durante el desarrollo de las actividades. Sugiere indispensable la delimitación del: resultado de aprendizaje o propósito, las actividades del profesor, las actividades del estudiante y las actividades de evaluación, como un marco de referencia para dirigir el proceso educativo.

5.2 Estrategias didácticas del modelo biológico

El enfoque de nuestra propuesta se centra en la enseñanza estratégica considerando: las características de los alumnos, su motivación, el contenido temático, la tarea o actividad que realizaran tanto el alumno como el profesor y las estrategias necesarias para lograr los objetivos. Estas estrategias de enseñanza-aprendizaje pretenden ser coherentes en cuanto a su nivel de dificultad, tanto por el contenido científico como para promover el cambio conceptual (Jones y col, 1987).

El papel docente debe propiciar un ambiente que de motivos en los alumnos para estimular su voluntad por aprender (Díaz y Hernández, 2002).

La motivación más efectiva para aprender es intrínseca y comprende muchos elementos como: planeación, concentración en las metas y expectativas, así como conciencia metacognoscitiva de lo que se pretende alcanzar (Woolfolk, 1999).

En este sentido las estrategias didácticas del modelo biológico propuesto toman en cuenta las sugerencias de diversos modelos debido a que permiten desarrollar una comprensión de contenidos de manera integral a partir de prácticas en contacto directo con el objeto de estudio y abre la posibilidad de retroalimentar el desempeño de los alumnos. En su posible implementación las estrategias se describen en función del propósito, considerando el proceso contenido a desarrollar, el cual corresponde al tema "cambios morfofisiológicos en el sistema respiratorio de *Ambystoma* ", como ejemplo de una gama de sistemas que en diferente proporción experimentan cambios durante la metamorfosis.

5.3 Actividades de enseñanza-aprendizaje

El eje didáctico de las actividades tiene una secuencia en función del proceso contenido y la actividad práctica de laboratorio. En general las actividades propuestas son señaladas entre paréntesis en la tabla 5.2 y representan sugerencias del cómo podrían desarrollarse. La secuencia se vincula con el propósito-contenido y el nivel de pensamiento que se pretende alcanzar en los alumnos: concreto-literal, inferencial y crítico; su división permite visualizar de manera concreta el grado de dificultad, valorar su pertinencia e incluso poder intercambiarse según la disponibilidad, acceso y ventaja didáctica para alcanzar los propósitos. Las actividades ejemplificadas comprende: una de inducción, nueve de nivel concreto-literal, dos de nivel inferencial y dos de nivel crítico.

La presentación de un posible protocolo de investigación científica pretende ampliar la posibilidad de líneas de investigación, bajo un enfoque humanista en diversas áreas del conocimiento. Y por último la sugerencia del proyecto portafolios, se sugiere como instrumento de evaluación que agrupa productos de aprendizaje durante un ciclo educativo. Este instrumento permite una evaluación de los procesos de aprendizaje, así como una reflexión conjunta sobre los productos y aprendizajes logrados (Díaz y Hernández, 2002). Todo ello en una concepción más amplia e integradora del proceso educativo. Donde los modelos biológicos sean el eje de la enseñanza en la biología.

En cuanto a la viabilidad del modelo *Ambystoma* es necesario considerar ciertos requerimientos para su implantación, como:

1. La instrumentación de un acuario para anfibios (*Ambystoma*) que proporcione las condiciones necesarias para la población

Fig. 5.1 Acuario de anfibios



2. La captura de organismos en su hábitat natural, en diferentes estados de desarrollo (población inicial). Su manejo y cuidado será también objeto de enseñanza-aprendizaje
3. La preparación de modelos anatómicos preservados, evidenciando órganos internos, a partir de organismos ya muertos.
4. La preparación de laminillas histológicas o fotografías de órganos
5. Un acervo de consulta bibliográfica especializada (revistas y libros)

Estos requerimientos son necesarios para dirigir la actividad práctica del modelo biológico, que además de la planeación estratégica, podrían contribuir al cambio conceptual y elevar el nivel de formación en los alumnos.

Tabla 5.2 Estrategias didácticas sugeridas para el tema:

"Cambios morfofisiológicos del sistema respiratorio en el ajolote: *Ambystoma*"

Propósito	Estrategia de enseñanza	Estrategia de aprendizaje	Actividades prácticas	Evaluación
<p><u>Inducción</u></p> <p>Propósito: Inducir el conocimiento de cambios durante el desarrollo.</p>	Presentación del poema sobre <i>Ambystoma</i> (1)	<p>Lectura del poema de manera individual</p> <p>Comentar sobre su contenido a nivel grupal</p>	Observación morfológica externa de organismos vivos de ajolotes <i>Ambystoma</i> (2)	Participación
<p><u>Nivel concreto literal</u></p> <p>Propósitos:</p> <p>1. Identificar las diferentes etapas de desarrollo</p>	Exposición sobre las etapas de desarrollo en urodolos	Completar cuadros C-Q-A (3)	Categorizar las diferentes etapas de desarrollo de acuerdo a parámetros morfométricos externos (4)	Lista de cotejo
<p>2. Comparar morfológicamente las diferentes estructuras respiratorias de <i>Ambystoma</i></p>	Presentación del mapa conceptual de la respiración en vertebrados (6)	Investigación documental (5)	<p>Observación macroscópica de estructuras respiratorias externas (vivos) e internas en ejemplares fijados de colección (7)</p> <p>Observación microscópica de estructuras respiratorias (preparaciones fijas) (8)</p>	<p>Lista de cotejo</p> <p>Reporte de investigación</p>
<p>3. Caracterizar las estructuras respiratorias en función del intercambio gaseoso</p>	Exposición sobre eficiencia O ₂ /CO ₂ con base en la estructura microscópica	Interpretar el esquema de difusión de gases en la respiración (9)	Iniciar la práctica de intercambio gaseoso en superficies respiratorias (10)	<p>Participación</p> <p>Lista de cotejo</p>

<p><u>Nivel inferencial</u></p> <p>Propósitos:</p> <p>1. Analizar la eficiencia de las estructuras respiratorias en el intercambio gaseoso de los organismos</p>	<p>Presentación de la tabla de % de intercambio gaseoso total a través de la piel en diferentes vertebrados (11)</p>	<p>Discusión sobre las diferencias de intercambio gaseoso en diferentes organismos</p>	<p>Desarrollo de la práctica</p>	<p>Lista de cotejo</p> <p>Participación en la discusión</p> <p>Reporte de práctica</p>
<p>2. Inferir el % de intercambio gaseoso y la necesidad de otras estructuras respiratorias</p>	<p>Presentación de la actividad de correlación del % de intercambio gaseoso total con otras estructuras respiratorias (12)</p>	<p>Elaborar un análisis fundamentando: a partir de sus observaciones, actividades, prácticas e investigación documental.</p>		<p>Reporte de investigación</p>
<p>3. Predecir posibles líneas de investigación sobre <i>Ambystoma</i>, bajo el enfoque morfofuncional o evolutivo.</p>	<p>Exposición sobre los enfoques morfofuncional y evolutivo</p>	<p>Elaborar preguntas sobre el tema de interés. (individual)</p> <p>Ordenar las preguntas según tema de interés o enfoque (equipos)</p>	<p>Proponer un método práctico para conocer posibles causas y efectos</p>	<p>Discusión de los análisis</p> <p>Monitoreo y retroalimentación</p>
<p><u>Nivel crítico</u></p> <p>Propósitos:</p> <p>1. Elaborar un diseño experimental</p>	<p>Presentación de un posible protocolo de investigación científica (13)</p> <p>Exposición de los elementos de un diseño experimental (hipótesis y variables)</p>	<p>Desarrollar su protocolo de investigación (teórico)</p>	<p>Desarrollar su diseño experimental (práctico)</p>	<p>Monitoreo</p> <p>Retroalimentación</p>
<p>2. Evaluar los proyectos de investigación</p>	<p>Presentación del proyecto de portafolios (14)</p>	<p>Exposición de proyectos de investigación (equipos)</p>	<p>Demostración del diseño experimental</p>	<p>Valoración de cada proyecto de investigación (Evaluación grupal)</p>

Actividad 1. Leer el siguiente poema de Garstang Walter

El *Ambystoma* cual salamandra
gigante prolifera en charcas y
estanques.

Como otras desea, cosa fija, tener
Un montón de pececillos como
hijos.

Estos ajolotes tienen branquias
para respirar bajo las aguas.

Pero mientras se transforman en
nuevas salamandras, en su
estanque viven perdidas y
errantes.

Cambian sólo bajo impulsos,
cuando en el charco son
muchos, pues entonces han de
usar pulmones para respirar; y
salen fuera, a la orilla.

Pero si sienten del lago la
atracción lleno de alimento y
buena aireación, mantienen del
joven perpetua situación y dan
más renacuajos con su
reproducción.

(Hickmam y col, 1988)

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué narra el poema?
2. ¿Qué piensas sobre los cambios a los que se refiere el poema?
3. ¿Cuáles cambios te parece interesante investigar?

Actividad 2. Observación morfológica externa de *Ambystoma*

- A. Observa la estructura general de tres organismos de diferente tamaño y aspecto
- B. Dibuja su morfología externa y
- C. Señala en tu dibujo las siguientes estructuras:
 - 1) cabeza
 - 2) cuerpo
 - 3) cola
 - 4) extremidades
 - 5) ojos
 - 6) línea lateral
 - 7) branquias
 - 8) boca
 - 9) pliegue caudal
 - 10) surcos costales

Esquema de larva

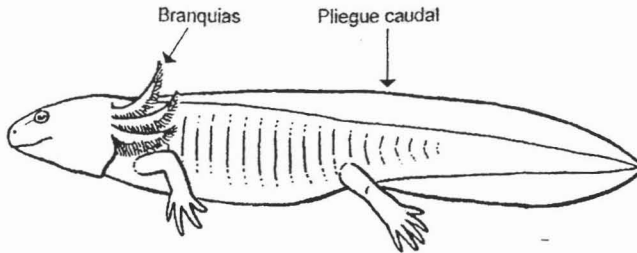


Fig.1 Esquema de larva de adulto neoténico (Tomado y modificado de Montaña, 1995).

Esquema de salamandra

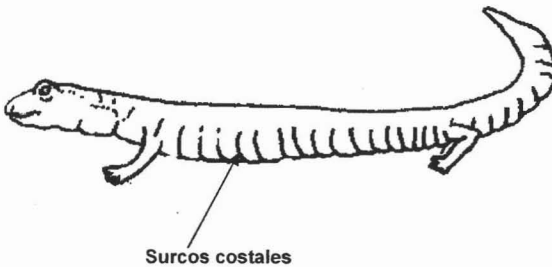


Fig. 2 Esquema de salamandra (Tomado y modificado de Vázquez y col, 1989).

Actividad 3. Cuadro C-Q-A**Tema: Cambios en las etapas de desarrollo en *Ambystoma***

Lo que conoce (C)	Lo que se quiere conocer (Q)	Lo que se ha aprendido (A)

Actividad 4. Categorizar los diferentes estadios de desarrollo de *Ambystoma*

A. Mide los siguientes parámetros morfométricos externos, de la población del acuario:

No.	Longitud total (promedio)	Peso total (promedio)	Longitud del pliegue caudal(mm)	Amplitud de la aleta (mm)	Longitud de branquias (mm)	Etapas de desarrollo

B. Compara los datos morfométricos y

C. Clasifica las características de los estadios de desarrollo en:

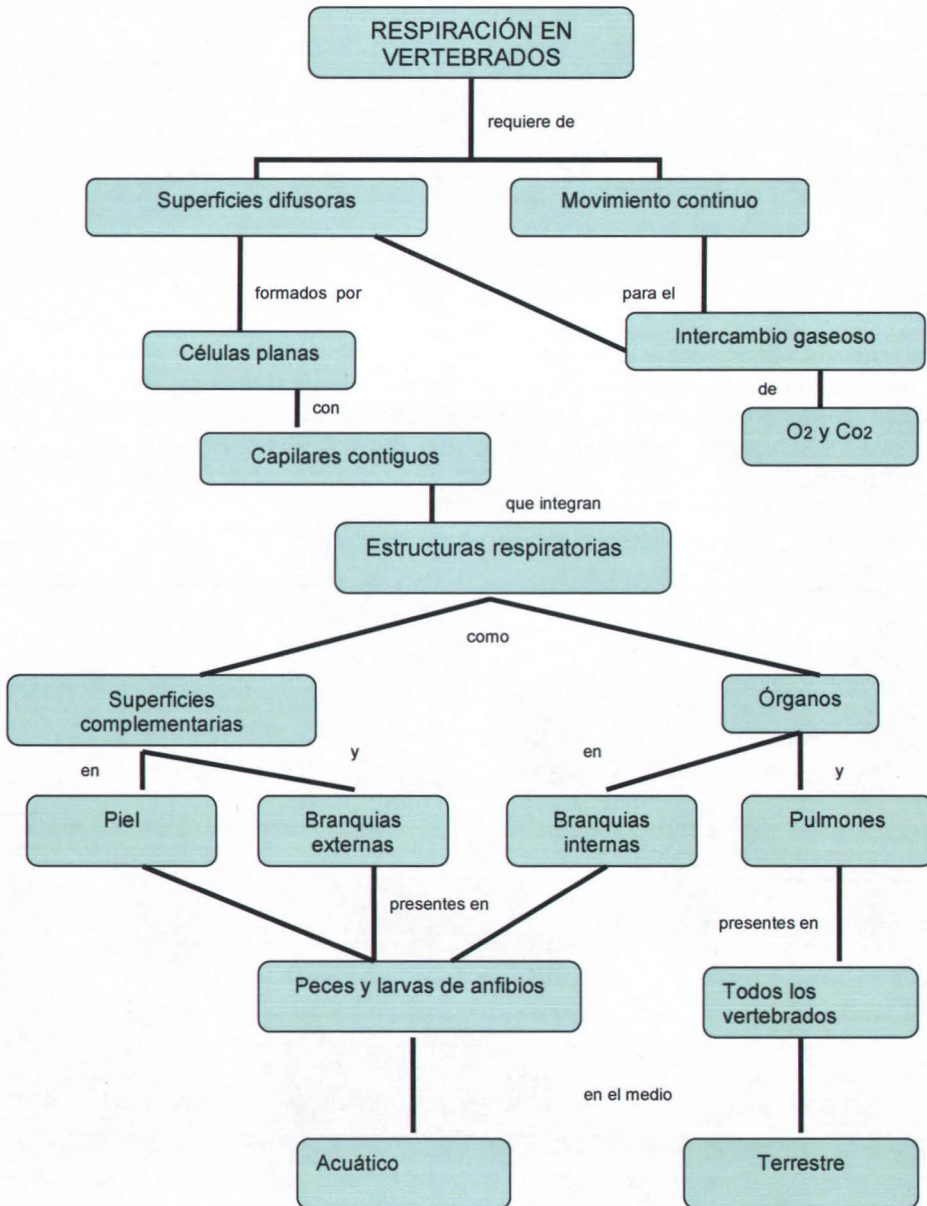
Estadio	Características (observadas)	No. de individuos
Larvas tempranas		
Larvas tardías		
Neoténicos		
Salamandras		

Actividad 5. Investigación documental (básica)

1. Clasificación del orden Urodela
2. Características generales del género *Ambystoma*:
¿Cómo vive? ¿Cómo se desarrolla? ¿Cómo se reproduce?
3. Cambios morfofisiológicos de las estructuras respiratorias durante la metamorfosis
4. Importancia prehispánica de la especie *A. mexicanum*
5. Importancia actual

Bibliografía

Actividad 6. Mapa conceptual del sistema respiratorio en *Ambystoma*



Actividad 7. Observación macroscópica de estructuras respiratorias externas en:

A. Organismos vivos

Estructura	Características (apariencia, color, tamaño)	Localización
Piel		
Branquias externas		

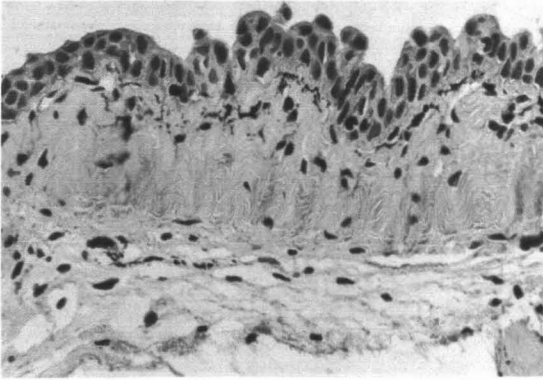
B. Ejemplares fijados

Estructura	Características (apariencia, color, tamaño)	Localización
Branquias internas		
Pulmón		

C. Interpreta los resultados

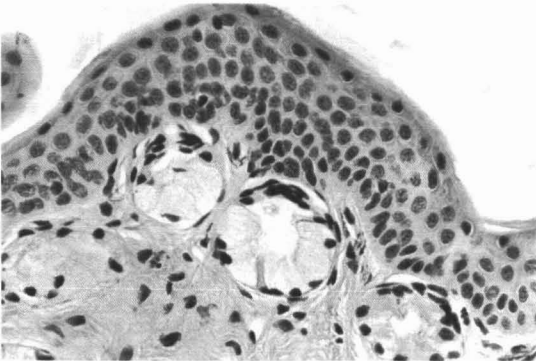
Actividad 8. Observación microscópica de estructuras respiratorias en *Ambystoma*

- A. Observa las figuras de cada estructura respiratoria: Piel, branquias y pulmón.
- B. Describe las características de los tipos de células y tejidos que los forman.



Características:

Fig.1 Piel de *Ambystoma* 500x (acuático)



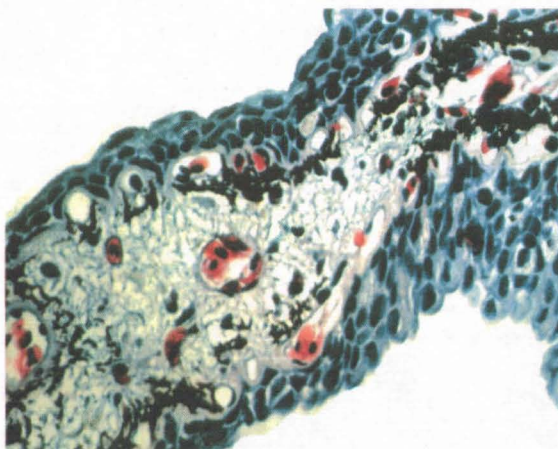
Características:

Fig. 2 Piel de *Ambystoma* 500x (terrestre)



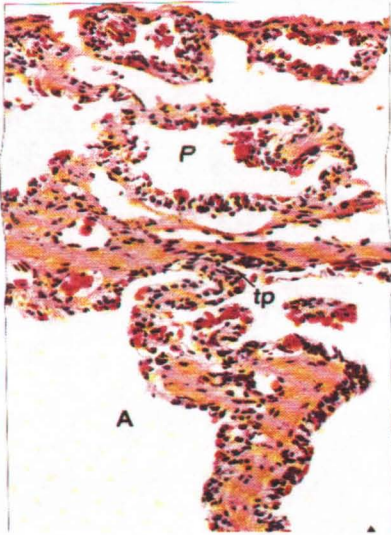
Características:

Fig. 3 Branquia externa de *Ambystom* 160x (Tomado de Estrada, 2002)



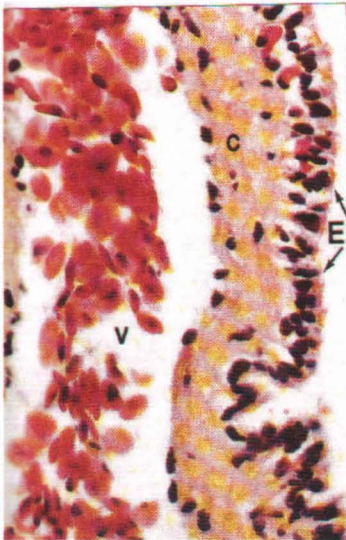
Características:

Fig. 4 Branquia externa de *Ambystoma* 500x



Características:

Fig. 5 Pulmón de *Ambystoma* 200x (Tomado de Estrada, 2002)



Características:

Fig. 6 Pulmón de *Ambystoma* 500x (Tomado de Estrada, 2002)

Actividad 9. Difusión de los gases en la respiración

- A. Observa los siguientes esquemas
 B. Interpreta cada ejemplo de difusión

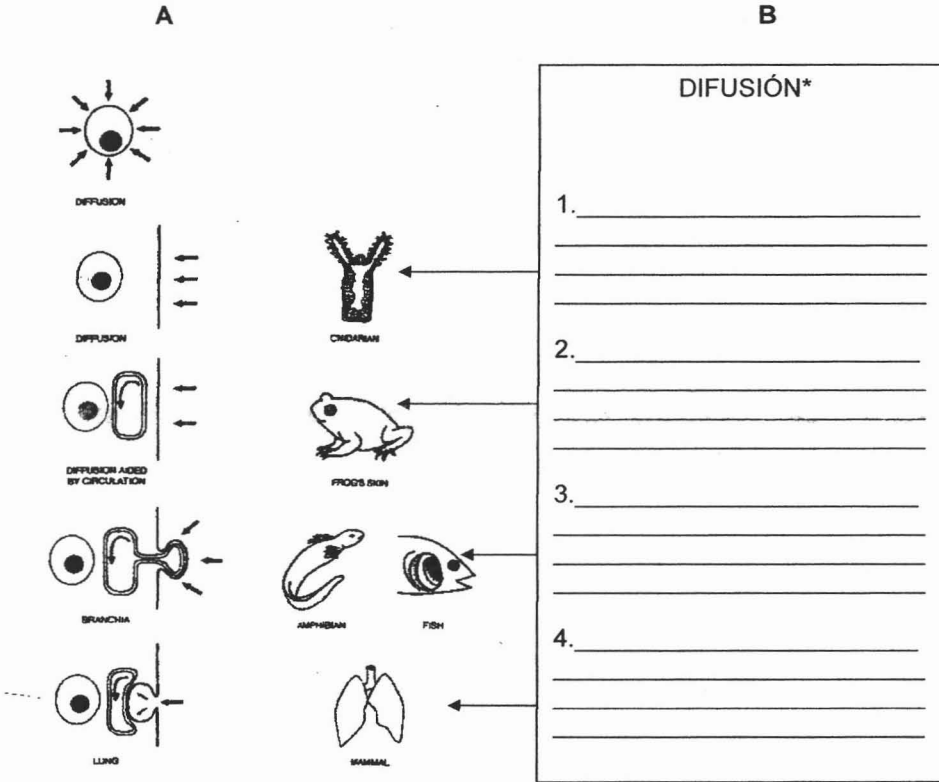


Fig.1 Esquema de los principales mecanismos de intercambio gaseoso en la respiración de diferentes grupos de animales (Tomado y modificado de Guarnier, 1996).

*En los animales muy pequeños, los gases se transfieren entre la superficie y las mitocondrias, tan solo por difusión, pero en los animales de mayor tamaño se ha desarrollado un sistema circulatorio para la transferencia masiva de los gases entre la superficie respiratoria y los tejidos.

¿Cómo explicarías la superficie respiratoria, de cada ejemplo?

Actividad 10. Intercambio gaseoso en superficies respiratorias

Objetivo: Demostrar que el grosor de las superficies respiratorias (piel, branquias y pulmones), influye en la difusión del intercambio gaseoso.

Introducción

El intercambio gaseoso de O_2 y CO_2 se transfiere pasivamente a través de la superficie respiratoria. Su disponibilidad depende de varios factores, entre los que se encuentra el tipo de ambiente y las distintas presiones parciales de oxígeno.

En los animales las superficies respiratorias juegan un papel fundamental en la eficiencia respiratoria, debido a que para facilitar la velocidad de transferencia de O_2 y CO_2 , el área de difusión debe ser muy grande y la distancia de difusión entre cualquier célula y el capilar sanguíneo debe ser muy pequeña.

Por ello la transferencia en muchos animales se realiza en varias etapas:

1. Movimientos respiratorios, que aseguren un aporte continuo de aire o agua a la superficie respiratoria (como por ejemplo: pulmones o branquias).
2. Difusión de O_2 y CO_2 a través del epitelio respiratorio.
3. Transporte de los gases por la sangre.
4. Difusión de O_2 y CO_2 a través de las paredes de los capilares entre la sangre y las células de los tejidos.
5. Paso del oxígeno del citoplasma a las mitocondrias de las células.

En términos físicos, los factores principales que establecen el ritmo de difusión son:

- a) El gradiente de concentración de la sustancia difusible a través de la membrana
- b) El espesor de la membrana
- c) El área superficial total disponible para la difusión

Por ello si una célula tiene un área superficial constante (**A**), entonces el ritmo de difusión (**Q**), a través de la membrana, es directamente proporcional a (**A**) y a la diferencia de concentración de la sustancia difusible (**C1 - C2**) a través de la membrana. O sea:

$$Q = PA (C1-C2)$$

Donde P es el coeficiente de difusión o permeabilidad

1. ¿Qué sucedería si P indica un valor alto?
2. ¿Qué indicaría un valor bajo de P?

1. Indica que la sustancia es transportada fácilmente a través de la membrana, por ejemplo agua.
2. Indica que la membrana actúa como barrera eficaz.

Actividad 11. Porcentaje de intercambio gaseoso tegumentario en varios vertebrados

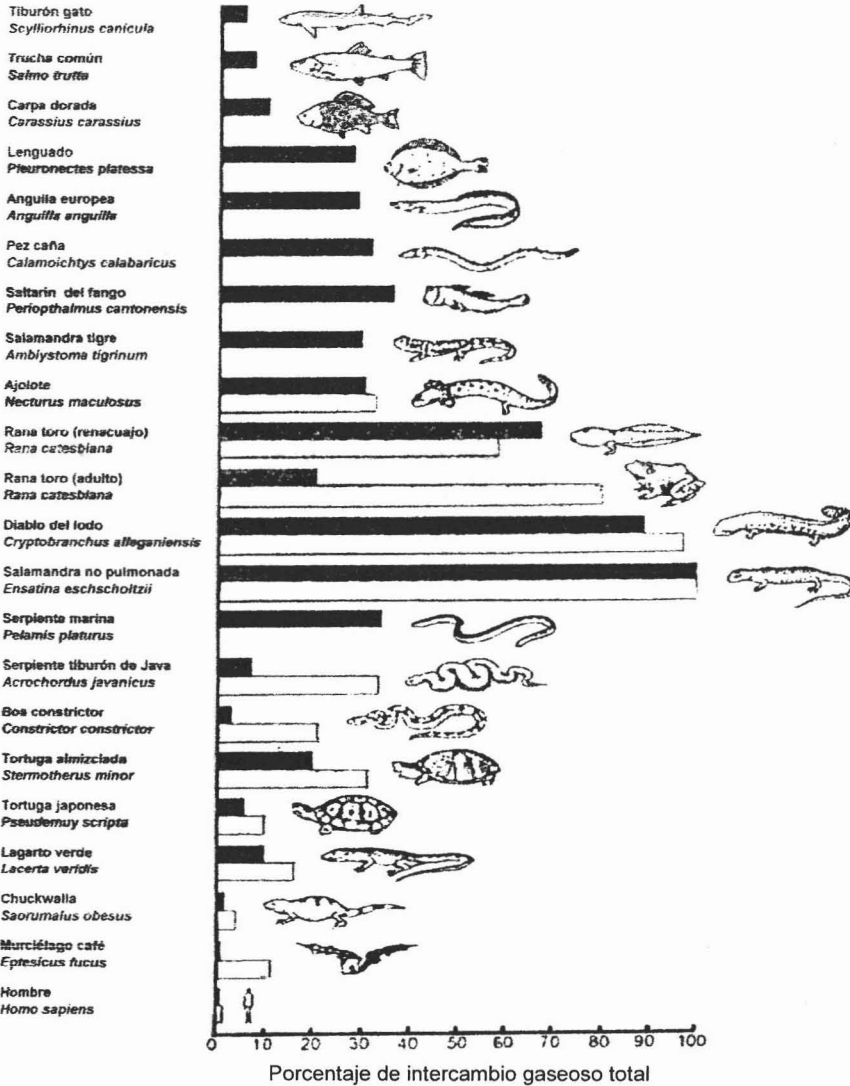


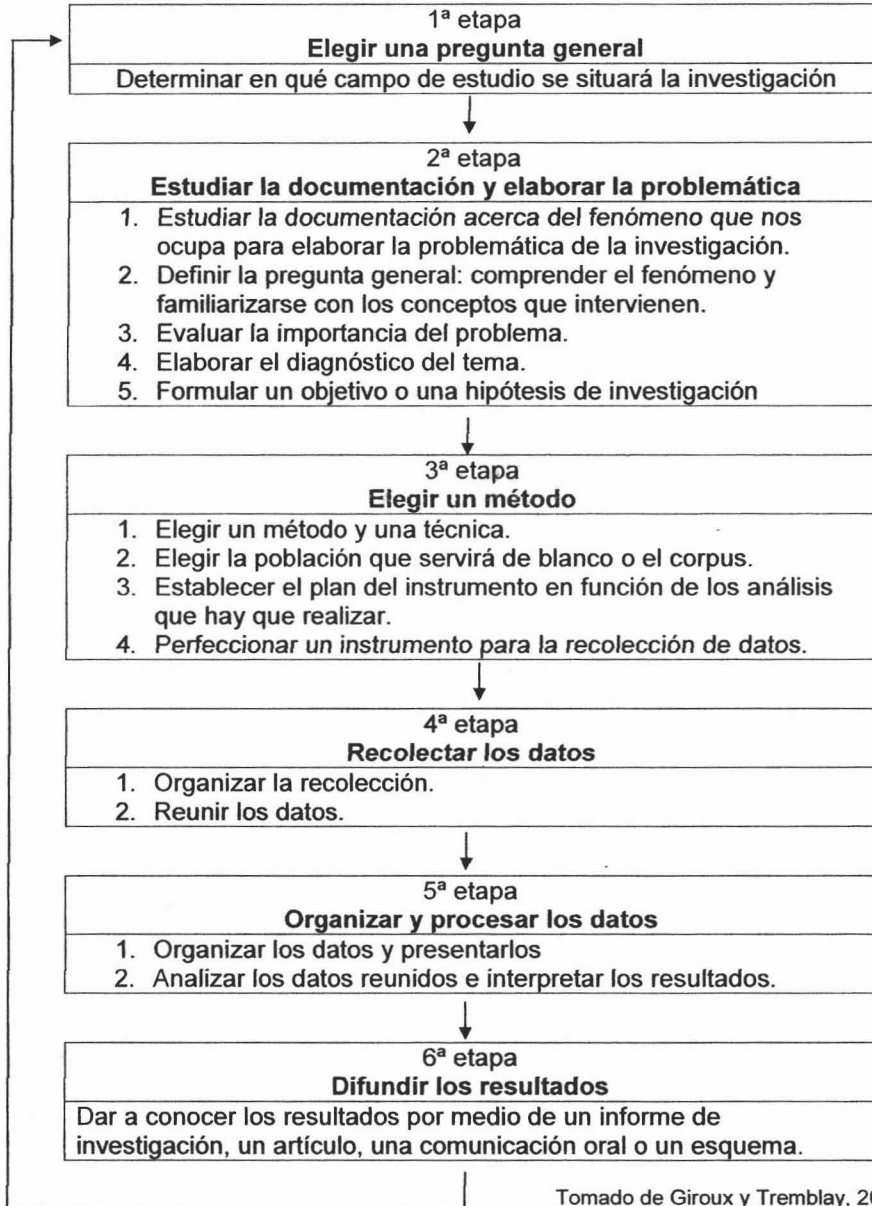
Fig. 1 Histograma de distribución del porcentaje de intercambio gaseoso tegumentario. Las barras claras indican CO₂ espirado, las barras oscuras el O₂ inspirado (Feder y Burggen, 1985 en Fanjul, 1998).

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué porcentaje de intercambio gaseoso tegumentario tiene *Ambystoma*?
2. ¿Por qué crees que varía el porcentaje de intercambio gaseoso, en los diferentes organismos?

Actividad 12. Correlaciona el % de intercambio gaseoso tegumentario, con otras estructuras respiratorias

Organismo	PIEL %	BRANQUIAS %	PULMONES %
1. Trucha común <i>Salmo trutta</i>			
2. Anguila europea <i>Anguilla anguilla</i>			
3. Salamandra tigre <i>Ambystoma tigrinum</i>			
4. Ajolote <i>Necturus maculosus</i>			
5. Rana toro (renacuajo) <i>Rana catesbiana</i>			
6. Rana toro (adulto) <i>Rana catesbiana</i>			
7. Salamandra no pulmonada <i>Ensatina eschscholtzii</i>			
8. Boa constrictor <i>Constrictor constrictor</i>			
9. Tortuga japonesa <i>Pseudemuy scripta</i>			
10. Lagarto verde <i>Lacerta veridis</i>			
11. Chuchwalla <i>Saorunmalus obesus</i>			
12. Murciélago café <i>Eptesicus mucus</i>			
13. Humano <i>Homo sapiens</i>			

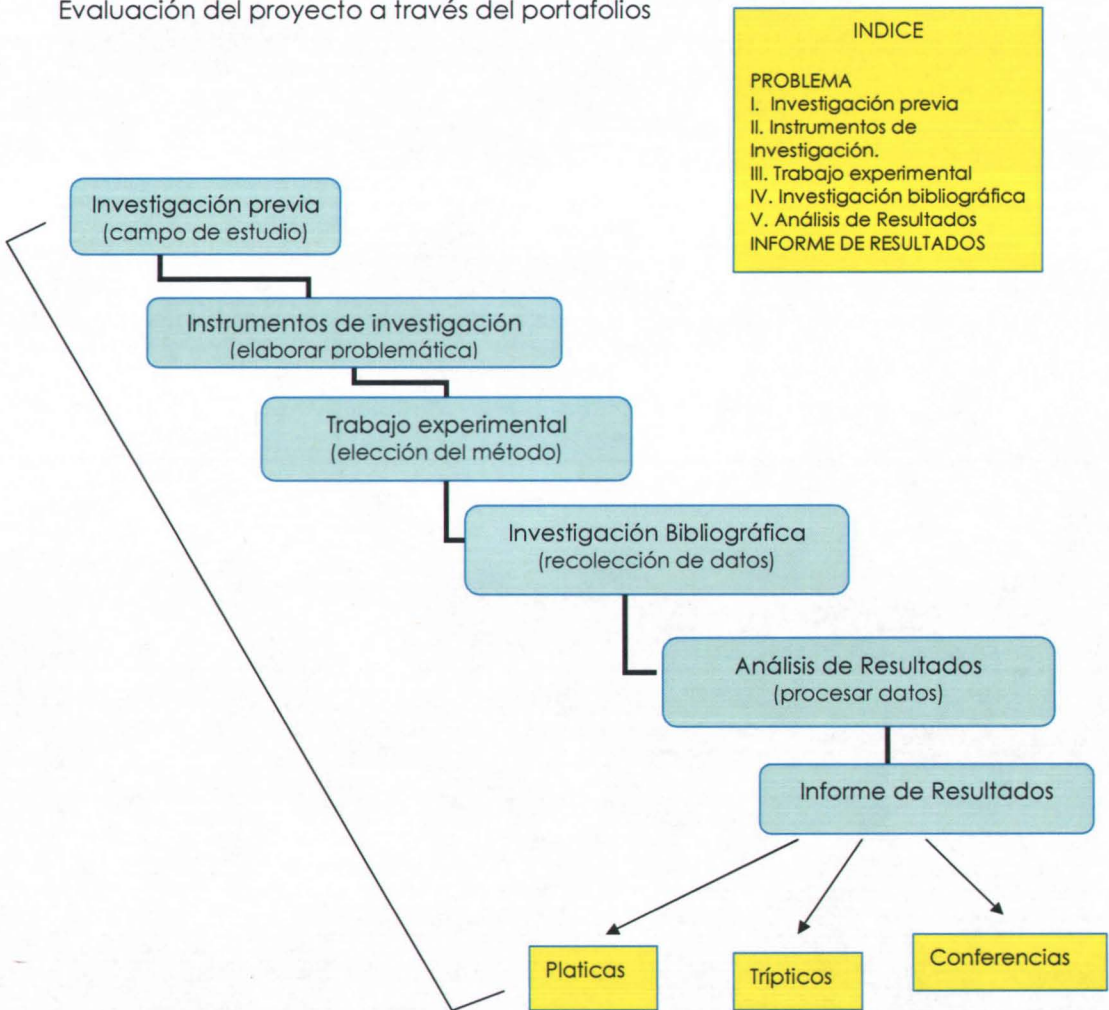
Actividad 13. Protocolo de investigación científica

Tomado de Giroux y Tremblay, 2004.

Actividad 14. Proyecto de portafolios

Producto: Determinar un problema relacionado con la población del género *Ambystoma* e incidir en la sociedad sobre su valor.

Evaluación del proyecto a través del portafolios



Discusión

La revisión de los modelos y teorías psicopedagógicas en el contexto de la enseñanza de la biología, permitió detectar que el proceso educativo, aún tiene múltiples problemáticas, como por ejemplo: Planes y programas elaborados con poca claridad entre temas, propósitos y estrategias, debido a que el manejo de contenidos no precisa los caminos para ubicar el nivel cognitivo en los alumnos y elevarlo; además de no superar el tipo de conocimientos concreto-literales de los temas, resultado de la mínima formación psicopedagógica de los profesores, que aunado a la forma en que cada uno interpreta o implementa los programas tiende a agravar la problemática. En este sentido estamos de acuerdo con Díaz (1997), en que los programas entran en conflicto en su implementación.

La necesidad del trabajo interdisciplinario se hace cada día más urgente. Este ha sido uno de los ejes principales de la propuesta, resaltar el sentido holístico, contextualizado e interdisciplinario de la enseñanza de la biología. El cual se puede alcanzar a partir de prácticas experimentales que sean el eje de la enseñanza de los conocimientos científicos, ubicando su relación, historia e importancia (Usabiaga, 1987).

El constructivismo más que una teoría debe servir para la elaboración de los propios constructos, es decir, las propias construcciones de los alumnos (Moreira, 2000), porque como comenta Ruiz (1996), "entre un aprendiz de ciencia y un investigador existe un amplio camino, mediado por toda una formación teórica y metodológica que las hace distintas".

El pobre conocimiento biológico o erróneo se podrá remplazar en la medida que se fomente en los alumnos actitudes críticas y creativas que les permita entender en que forma los conceptos se han desarrollado; estamos de acuerdo con Ruiz (1996), cuando sostiene, que sólo cuando los estudiantes aprenden los conceptos y teorías no como algo acabado, sino como resultado de un proceso, pueden captar el carácter histórico y la naturaleza de los conocimientos.

La caracterización del modelo representativo de los tetrápodos, nos condujo a considerar, los enfoques biológicos: morfofuncional y evolutivo (Mayr, 1982).

A través de los diversos estudios morfológicos de Duellman y Trueb (1986), y filogenéticos de Roth y Nishikawa (1993), sobre *Ambystoma*, nos permitió valorar su importancia, y proponer el modelo biológico-didáctico, debido a que reúne características únicas. No sólo por coexistir en los ambientes acuático y terrestre en sus diferentes etapas de desarrollo, sino por su plasticidad fenotípica expresada en cambios en diferentes sistemas a lo largo de su historia de vida (P. Rivas, com. pers).

El particular los procesos metamórfico, neoténico y paedomórfico nos permitieron dimensionar la complejidad morfofuncional y evolutiva. Y para la finalidad de ésta propuesta didáctica, se concreto a cambios morfofisiológicos del sistema respiratorio, considerando las diferentes etapas de desarrollo y las características de las estructuras respiratorias en función del intercambio gaseoso.

Sin embargo la posibilidad de abordar cambios en otros sistemas, como objeto de estudio y enseñanza-aprendizaje quedan pendientes, en función de ampliar la propuesta a futuro.

La importancia etnobiológica presente en los ajolotes de México (Stephan-Otto y Ensástigue, 2001), y la fragilidad de su hábitat, seriamente amenazado, nos compromete a su cuidado, conocimiento y conservación, lo cual solo es posible con una cultura ecológica.

En particular considero que la enseñanza de la biología a partir de modelos biológicos concretos, proporcionaría mayor interés por la investigación científica, mayor alcance en el conocimiento biológico de los alumnos y su compromiso con las formas de vida, sería mayor, con lo cual se mejoraría su actitud de respeto y cuidado al ambiente.

Por tanto la vinculación con diversos modelos psicopedagógicos que proporcionen mayores elementos didácticos, merecen ser puestos en marcha. Esta ha sido la intención, abrir espacios interdisciplinarios, dado el potencial de *Ambystoma* como modelo biológico, que vincule varias áreas y modelos. En la convicción de que el “aprendizaje significativo” requiere de estrategias y actividades en principio igualmente significativas.

Conclusiones

Este trabajo nos permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- *Ambystoma* como modelo simplificado de la morfofisiología de los tetrápodos, con su singular morfología larval y adulta no solo reúne características viables de enseñanza en el enfoque morfofuncional, ejemplificado en el sistema respiratorio, sino también a través del proceso evolutivo paedomórfico.
- La vinculación con los programas de estudio del bachillerato de la UNAM, es difícil, dada la estructura actual de los programas de biología; en tanto se implemente otra visión psicopedagógica: integral y holística, con reducción de contenidos y con una mayor claridad al tipo y nivel de conocimiento que se pretende alcanzar.
- La enseñanza de procesos biológicos debe partir de modelos biológicos concretos, vinculados directamente con actividades prácticas, de estudio, manejo y conservación, que conducidos con una enseñanza estratégica puedan aumentar el interés y elevar el nivel de formación en los alumnos.

Por lo anterior, este trabajo no pretende quedar en el nivel de análisis, su dimensión intenta transitar en la innovación interdisciplinar y transdisciplinar en la educación superior, a partir de un seguimiento y evaluación permanente, que así como se dan los paradigmas científicos: son válidos hasta que no existan otros que los cuestionen.

Literatura citada

- Adler, K. 2003. **Salamander Classification and Reproductive Biology: An Historical Overview**. En: Sever, D.M. (eds.). *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela*. Science Publishers, USA. 1: 1-29.
- Alberch, P.; Gould, S.J.; Oster, G.F. and Wake, D.B. 1979. **Size and Shape in Ontogeny and Phylogeny**. *Paleobiology* 5: 296-317.
- Agüero, S.M. 2004. **¿Qué es un modelo pedagógico?** DIDAC, México 43/ Primavera.
- Arancibia, C.V.; Herrera, P.P. y Strasser, K. S. 1999. **Teorías cognitivas del aprendizaje**. 2ª ed. En: *Psicología de la Educación*. Alfaomega, México. pp. 75-108.
- Ashley, M. A.; Reilly, S. M.; and Lauder G. V. 1991. **Ontogenetic Scaling of Hindlimb Muscles across Metamorphosis in the Tiger Salamander, *Ambystoma tigrinum***. *Copeia*. 1991: 767-776.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.O.; y Hanesian, H. 1983. **Psicología educativa**. 2ª ed. Un punto de vista cognoscitivo. Trillas, México.
- Balinsky, B. I.; Fabian, B.C. 1983. **Introducción a la embriología**. Omega, España. 727pp.
- Balvanera, L. P. 1995. **La enseñanza de las ciencias biológicas**. *Perfiles Educativos*, UNAM, México. 68:37-41.
- Bizer, J.R., 1978. **Growth rates and size at metamorphosis of high elevations populations of *Ambystoma tigrinum***. *Oecologia* 34: 175-184.
- Brandon, R. A. 1989. **Natural History of the Axolotl and its Relationship to other Ambystomatid Salamanders**. En: *Developmental Biology of the Axolotl*. Armstrong, J.B. and Malacinski, G.M. (eds.) Oxford Univ. Press. New York, U.S.A. pp. 13-21.
- Bruce, R.C. 2003. **Life Histories**. En: Sever, D.M. (eds.) *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela*. Science Publishers, USA. 13: 477-513.

-
- Bruner, J.S. 1966. **Toward a Theory of Instruction**. Harvard University Press, Cambridge, Massachussets.
 - Campos, M.A. y Gaspar, S. 1996. **El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual del conocimiento**. En: Campos, M y Ruiz, R. (comp.) Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias. IIMAS. UNAM, México. pp. 51-92.
 - Campos, H.; Gaspar, H. 2004. **Estrategia didáctica para la construcción de conocimiento**. En Castañeda, F. S. Educación, Aprendizaje y Cognición: Teoría en la Práctica. Manual Moderno, México. 598pp.
 - Carretero, M.1997. **¿Qué es el constructivismo?** En constructivismo y educación. Progreso, México. pp. 229-239.
 - Cendrero, L. 1972. **Anfibios**. Zoología Hispanoamericana. Porrúa, México, pp. 333-446.
 - Chamorro, Z. M. 1999. **Análisis de la enseñanza de la biología. El caso del Bachillerato escolarizado en Xalapa, Ver.** Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 85pp.
 - Consejo Académico del Bachillerato. 2002. **Hacia un Sistema de formación de profesores del bachillerato de la UNAM**. E. N .P. Difusión de la academia. Feb., 2002. Año 3. Vol. 1 (9) pp. 64-70.
 - Cooper, J. M. 2003. **Estrategias de enseñanza. Guía para una mejor instrucción**. Limusa, México. 602 pp.
 - Díaz, B. A. 1997. **Didáctica y currículum**. Paidós Educador, México.
 - Díaz, B. F.; Hernández, R. G. 2002. **Estrategias docentes para un aprendizaje significativo**. 2ª ed. Mc Graw Hill, México. 465 pp.
 - Díaz, B. F. 2004. **Evaluación de programas de materia**. En: Castañeda, F. S. (comp.) Educación, Aprendizaje y Cognición. Teoría en la Práctica. Manual Moderno, México. pp. 123-135.

-
- Duellman, W.E. and Trueb, L. 1986. **Metamorfosis**. En Biology of amphibians. Mc Graw-Hill. New York, U.S.A. pp. 173-194.
 - Eckert, R; Randall, D y Augustine, G. 1990. **Intercambio gaseoso**. En: Fisiología Animal. Mecanismos y Adaptaciones. Mc-Graw-Hill Interamericana, España. 14:474-520.
 - Eggen, P.D. y Kauchak, D.P. 2001. **Estrategias docentes**. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades del pensamiento. FCE, México. 493pp.
 - Fanjul, M. L. 1998. **Mecanismos respiratorios**. En: Biología Funcional de los animales. Fanjul, M. L.; Hiriart, M. y Fernández de Miguel, F. (eds.) Siglo XXI, México. pp. 385-426.
 - Flores, F. y Gallegos, L. 1993. **Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia**. Perfiles Educativos, CISE, UNAM. México, 62: 24-30.
 - Flores, V. 1993. **Riqueza de los anfibios y reptiles**. Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias, México 7: 33-42.
 - Flórez, O. 1999. **Análisis de la enseñanza y la evaluación del aprendizaje según los modelos pedagógicos**. En: Florez, O. Evaluación pedagógica y cognición (eds.) Mc. Graw Hill, Bogotá. pp. 31-55.
 - Gatti, L.M. 1985. Serie: **Los pescadores de México**. Cuadernos de la Casa Chata. No.116. Centro de Investigación y Estudio en Antropología Social. Museo Nacional de Culturas Populares, México. Vol. 7 142pp.
 - Gil, D. 1994. **El currículo de ciencias en la educación secundaria obligatoria: ¿área o disciplinas?** Infancia y Aprendizaje. 65: 19-30.
 - Gilbert, S. F. 1985. **Interacciones celulares a distancia: las hormonas como mediadoras del desarrollo**. En: Biología del Desarrollo. Omega, Barcelona. pp. 603-616.
 - Giroux, S; Tremblay, G. 2004. **De la teoría a la práctica ¿Qué es la ciencia?** En: Metodología de las ciencias humanas. FCE, México, pp. 17-44

-
- Gould, S. J. 1977. **Ontogeny and phylogeny**. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
 - Guarnier, V. 1996. **Ontogeny and Phylogeny of the functions**. Información Profesional Especializada, México. pp.111.
 - Gutierrez, G. R. 1987. **El desarrollo mental**. En: Marco, B. y Olivares E. La enseñanza de las ciencias experimentales. Narcea, Madrid. pp. 129-160.
 - Halliday, T. 2002. **A n f i b i o s**. En: Burnie, D. (eds.) Animal. La definitiva e impactante guía visual de la vida salvaje en nuestro planeta. Pearson Educación, Madrid, pp. 430-439.
 - Hernández, R. C. 2002. **La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural**. Tesis profesional doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 219pp.
 - Hernández, R. G. 1998. **Paradigmas en psicología de la educación**. Paidós, México. 267pp.
 - Hickman, C. P.; Roberts, L.S.; Hickman, F.M. 1988. **Zoología**. 7ª ed. Interamericana-Mc Graw-Hill, México. 1011pp.
 - <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. (15 de Julio, 2002).
 - Humphrey, R. R. 1975. **The axolotl, *Ambystoma mexicanum***. In: R. C. King (ed.), Handbook of genetics, Vol. 4. Plenum Press, New York, pp. 3-17
 - Jones, B. F; Palincsar, A. S.; Ogle, D y Carr, E. 1987. **Estrategias para enseñar a aprender**. Aique, Buenos Aires. 227pp.
 - Jones, T. R.; Collins, J. P.; Kocher, T.D. y Mitton, J.B. 1988. **Systematic Status and Distribution of *Ambystoma tigrinum stebbinsi* Lowe (Amphibia: Caudata)**. Copeia. 1988: 621-635.
 - Kikuyama, S.; Kawamura, K.; Tanaka, S. and Yamamoto K. 1993. **Aspects of Amphibian Metamorphosis: Hormonal Control**. Int. Rev. Cytol. 145: 105-149.

-
- Kuhn, E.R y Jacobs, G. F. M. 1989. **Metamorphosis**. En: *Developmental Biology of the Axolotl*. Armstrong, J.B. y G.M. Malacinski. (eds.) Oxford Univ. Press. New York, U.S.A. 18: 187-197.
 - Larson, A.; Weisrock, D. and Kozak, K. 2003. **Phylogenetic Systematics of Salamanders (Amphibia: Urodela), A Review**. En: Sever, D.M. (eds.) *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela*. Science Publishers, USA. 2: 31-108.
 - Lofts, B. 1984. **Amphibians** En: "Marshall's Physiology of Reproduction" Vol.I. *Reproductive Cycles of Vertebrates* Lammig, G.E. (eds.) Vol. I. Churchill Livingstone, pp. 127-205.
 - Malacinski, G. M. 1978. **The Mexican Axolotl, *Ambystoma mexicanum*: Its Biology and Developmental Genetics, and its Autonomous Cell-letha Genes**. *Amer. Zool.*, 18: 195-26 (1978).
 - Marco, B. 1987. **Las ciencias y el currículum escolar**. En Marco, B; Olivares, e.; Usabiaga, C.; Serrano, T.; Gutiérrez, R. 1987. *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Narcea, Madrid. pp. 12-42.
 - Mayer, R.E. 2002. **Ciencias**. En Mayer R. (eds.) *Psicología de la Educación: El aprendizaje en las áreas del conocimiento*. Pearson Educación, Madrid. pp.187-230.
 - Mayr, E. 1982. **Causa y efecto en biología**. En: Martínez, S.; Barahona, A. (comp.) 1998. *Historia y explicación en biología*. UNAM. y FCE, México. pp.82-95.
 - Minnick, S.C.; Alvermann, D.E. (comp) 1994. **Una didáctica de las ciencias**. Procesos y Aplicaciones. Aique, Argentina. 313pp.
 - Monereo, C. 1990. **Las estrategias de aprendizaje en la educación formal: enseñar a pensar y sobre el pensar**. *Infancia y Aprendizaje*. 50: 3-25.
 - Montaña, A. J. 1995. **Estructura de la glándula tiroidea en los estadios larvales y adultos de *Ambystoma tigrinum* durante un ciclo anual**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 58pp.

-
- Montañó, A. J. 2003. **Correlación morfométrica de las glándulas pineal, tiroides e hipófisis con la morfología gonadal de *Ambystoma tigrinum* (Amphibia: Caudata) durante un ciclo anual.** Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 72pp.
 - Mora, S. G. 1997. **Los programas para la enseñanza de habilidades del pensamiento y su importancia en el ámbito escolar.** Trabajo presentado en el 2º Congreso Nacional de Orientación Educativa (16 al 18 de octubre de 1997) México, D. F. por la Asociación Mexicana de Profesionales de la Orientación, A. C. (AMPO).
 - Moreira, M. A. 2000. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica.** Visor, Madrid. 100pp.
 - Nickerson, R. S. 1987. **Enseñar a pensar.** Aspectos de la aptitud intelectual. Paidós, Barcelona. pp. 365-388.
 - Norris, D. O., Norman, M. F., Pancak, M. K.; Duvall, D. 1985. **Seasonal Variations in Spermatogenesis, Testicular Weights, Vasa Deferentia, and Androgen Levels in Neotenic Male Tiger Salamanders, *Ambystoma tigrinum*.** Gen. Comp. Endocrinol. 60: 51-57.
 - O.E.A., 1972. **Segunda conferencia Interamericana sobre la enseñanza de la biología, en Asunción, Paraguay.** En Frota-Pessoa, O. 1981. Principios básicos para la enseñanza de la biología. O. E. A. Serie biología No. 4.
 - Pacheco, H. R. 2004. **Estrategia didáctica introductoria para la enseñanza del tema de la célula en el bachillerato.** Tesis profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 136 pp.
 - Planes de Estudio de la Escuela Nacional Preparatoria. 1996. **Programa de estudio de la asignatura. Biología IV, 5º año de Bachillerato.** UNAM.
 - Planes de Estudio del CCH, 1996. **Programa de Estudio para las asignaturas de Biología I y II** (tercero y cuarto semestres, revisión junio 2003). Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM. Unidad Área de Ciencias Experimentales.
 - Posner, G. J; Strike, KA; Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. 1982. **Acomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change.** Science Education 61.

-
- Posner, G. J. 1998. **Análisis del currículum**. Mc Graw Hill, Santafé de Bogotá.
 - Reynaud, R. B. 2002. **Desarrollo de Habilidades Cognoscitivas** (material de apoyo) Escuela Nacional Preparatoria, México.
 - Rivas, M. P. 2002. **Sistema Endocrino**. En: Estrada, F. E. y Uribe, M. A. (eds.). Atlas de Histología de Vertebrados. UNAM, Facultad de Ciencias, México. pp. 173-185.
 - Rockwood, I. T. 1935. **Histological Aspects of Metamorphosis of *Ambystoma tigrinum* (Green)**. Bulletin of the University of UTAH. Vol. 25: 7.
 - Roth, G. and Nishikawa, K. 1993. **Paedomorphosis and simplification in the nervous system of salamanders**. Brain. Behav. Evol. 42: 137-170.
 - Ruiz, R. 1996. **La metodología científica y enseñanza de la ciencia**. En: Campos, M y Ruiz, R. (comp.) Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias. IIMAS. UNAM, México. pp. 1-26.
 - Schunk, D. 1997. **Enseñanza**. En: Schunk, D. (eds) Teorías del Aprendizaje. Pearson Educación, México. pp. 385-436.
 - Shaffer, H.B. and Mcknight, M.L. 1996. **The polytypic species revisited: Genetic differentiation and molecular phylogenetics of the tiger salamander, *Ambystoma tigrinum* (Amphibia: Caudata) complex**. Evolution 50: 417-433.
 - Stebbins, R. C. and Cohen, N. W. 1995. **A natural History of Amphibians**. Princeton University Press. New Jersey, U.S.A. pp.141-194.
 - Stephan-Otto y Ensástigue, L. 2001. **El ajolote, otro regalo de México al mundo**. Biodiversitas, México. Año 7. 35: 7-11.
 - Usabiaga, B. C. 1987. **Método científico y situaciones de enseñanza- aprendizaje de las ciencias**. En Marco, B.; y Olivares, E. La enseñanza de las ciencias experimentales. Narcea, Madrid. pp. 81-104.

- Vázquez, M. L; González, T. R; Rebón, G. F y Neri, F. M. 1989. **Guía de ilustraciones para apoyo didáctico en vertebrados**. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Woolfolk, A. 1999. **Psicología educativa**. Prentice-Hall, México. 688p.p.
- Zarzar, CH. C. 2003. **La formación integral del alumno: qué es y cómo propiciarla**. F. C. E., México. 414 pp.

Anexo 1

Tabla 2.1

CONTENIDO DEL PROGRAMA PARA LA ASIGNATURA DE BIOLOGÍA IV

(Representativo del análisis)

Unidad: _____
Propósitos: _____

HORAS	CONTENIDO	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO	ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS (actividades de aprendizaje)	BIBLIOGRAFÍA
Representa el número de horas, de manera general por tema y el total de la unidad	Menciona los temas particulares de la unidad, que se abordarán	Se describe de manera específica qué del contenido se estudiará, revisará y analizará	Menciona las actividades de aprendizaje para cada tema	Señala la bibliografía básica y complementaria

A partir de la descripción de los contenidos del programa, según la tabla II.1 para cada unidad del programa, se analizó la secuencia y nivel de las estrategias didácticas, señalando:

- a) Tema
- b) Nivel de estrategia didáctica planteada en los contenidos (textual)
- c) Observación / comentario del nivel de la estrategia (análisis)

* El total de horas anuales estimadas es de 120 (90 teóricas y 30 prácticas)

Tabla 2.2

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 1: LA BIOLOGÍA COMO CIENCIA

Total de horas: 17

Propósito: Que el alumno comprenda el carácter científico de la Biología, sus métodos de investigación, su relación con otras ciencias y sus aportaciones; así como su importancia en la resolución de problemas científicos y sociales.

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
El carácter científico de la biología: a) Construcción del conocimiento. b) Características de la ciencia. c) Historia y desarrollo de la biología.	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia con una actividad grupal, donde se reconocerán y elegirán problemas relacionados con el tema de la unidad que permitirán abordar los contenidos - Los alumnos investigarán diferentes definiciones de ciencia. - A partir de una investigación ..., los alumnos detectarán los problemas que han impulsado el desarrollo de esta ciencia -En grupo reconocerán y discutirán problemas actuales. 	* Las estrategias planteadas son de tipo individual y grupal. Se precisa la investigación bibliográfica de manera relevante en cada subtema, y la elección de problemas relacionados con la unidad. Cuya elección de problemas biológicos, tiene dos connotaciones sin precisar si corresponde a nivel de pregunta, es decir como incógnita o a nivel de un estado alterado, como objeto de estudio.
Relación de la Biología con la tecnología y la sociedad	<ul style="list-style-type: none"> - Los alumnos revisarán los periódicos para reconocer noticias relacionadas con la biología. - Derivando en discusión grupal el desarrollo de la biología. 	* En este sentido la búsqueda de referencias, la identificación de principios biológicos y el plantear la problemática de estudio representa un buen inicio y congruencia.
Interacción de las ciencias biológicas entre sí con otras ciencias	<ul style="list-style-type: none"> - Sugiere que a partir del planteamiento de problemas concretos, se analizará la participación de las diferentes ciencias en su estudio y solución. 	* No existe un abordaje a algún problema concreto.
Metodologías de investigación en biología	<ul style="list-style-type: none"> - Plantea que los alumnos elegirán un problema biológico inherente a ellos o a su entorno, realizarán fichas bibliográficas.....así como un protocolo de investigación...y realizarán el análisis de las ciencias que se involucran en su solución. - Revisarán trabajos de investigación ...para analizar las características de un informe 	* ¿Qué tipo de protocolo se pretende teórico o experimental? Además se pueden revisar ejemplos de investigaciones, sin embargo representa un nivel alto de pensamiento, debiendo quedar claro sus alcances y compromisos.
Laboratorio escolar	<ul style="list-style-type: none"> - Se sugiere alguna práctica sobre aplicación del método experimental. - Se sugieren prácticas sobre infraestructura, función y medidas de seguridad... 	*El tipo de conocimientos a desarrollar es procedimental y no especifica su alcance.
Características de los seres vivos	<ul style="list-style-type: none"> -Discusión grupal, para analizar las diferencias entre objetos y organismos vivos...identificando los principios biológicos -Plantear algunos de los principales problemas que enfrenta la biología...con el fin que sean respondidas a lo largo del curso. - Se sugiere actividades complementarias como proyección de videos, visitas y conferencias. 	*Se sugieren actividades individuales y grupales, con un alto nivel, en función de sus conocimientos previos y el manejo de información. La incógnita sería qué nivel de planteamiento de problemas alcanzan, si son conceptuales, de procesos, o solución de problemas.

Tabla 2.3

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 2: LA CELULA: UNIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SERES VIVOS

Total de horas: 20

Propósito: Que el alumno comprenda que la estructura y los procesos metabólicos celulares son la base de la unidad y diversidad de los seres vivos.

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
Introducción a la unidad: Estructura y metabolismo celulares como principios de unidad y diversidad de los seres vivos	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia con una actividad grupal, observación de ejemplares de laboratorio - El grupo, orientado por el profesor, planteará un problema que se resolverá a través de la unidad, sugiere ejemplos. 	*Se hace hincapié en la actividad grupal, pero el tipo de ejemplos responde a preguntas de tipo conceptual como: similitudes y diferencias entre individuos unicelulares y pluricelulares, por qué la energía es necesaria para la vida, etc. Las cuales se responden a un nivel conceptual
Niveles de organización de la materia	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de modelos para explicar los niveles de organización. - Se sugieren prácticas de laboratorio, como: observación de cortes 	*No se precisa ¿qué modelo se pretende? teórico, espacial, o experimental
La composición química de los seres vivos: elementos, compuestos y moléculas orgánicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Se elaborará un cuadro comparativo de funciones de biomoléculas y - Elegirán un problema relacionado con ellos o su comunidad. 	*Una comparación se ubica en un nivel básico de pensamiento, y esta después del diseño de un modelo.
Teoría celular: origen y desarrollo de la Teoría celular	<ul style="list-style-type: none"> - Se sugiere una práctica de laboratorio de observación de tipos celulares. - Lecturas y discusión grupal de la teoría celular - Consulta bibliográfica de estructuras y funciones celulares. -Apoyar estas actividades con prácticas de laboratorio. 	* La orientación de las prácticas de laboratorio se ubican en un rango muy amplio desde una observación, una comparación o como análisis de la teoría celular.
Estructura y función celulares: cubierta, membrana, sistemas membranosos y no membranosos, citoesqueleto y núcleo.	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de algún problema concreto los alumnos entenderán la necesidad de estudiar la estructura y funcionamiento celular - Consulta bibliográfica de estructura y función de células. - Apoyar con prácticas de laboratorio... 	*Se indica la necesidad de las prácticas de laboratorio, pero las temáticas son del mismo tipo de observación, no existe un avance conceptual.
Tipos celulares	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de la observación en el laboratorio de células procariontes y eucariontes - Analizarán las diferencias entre tipos celulares -Elaboraran un cuadro comparativo 	*La estrategia es de comparación
Metabolismo celular: respiración, fotosíntesis, quimiosíntesis, y tipos de nutrición.	<ul style="list-style-type: none"> - Se plantearán problemas sobre el papel de la energía.... -Analizar los principales procesos -Investigarán los principales procesos...y discutirán su papel -Para integrar, elaborarán mapas conceptuales.... -Se recomienda una investigación...en un proyecto multidisciplinario 	* En este tema las estrategias sugeridas, llevan un seguimiento de simple a complejo, y se incluye los mapas conceptuales como herramienta didáctica, que podrían sugerirse de manera general, para un mayor número de temas.
Diferencias entre sistemas unicelulares y pluricelulares: estructura, metabolismo respuesta y regulación.	<ul style="list-style-type: none"> - Sugiere el trabajo en equipos, para estudiar similitudes y diferencias entre diferentes grupos de organismos - Se sugiere complementar con actividades prácticas, proyecciones visuales, etc. 	*La integración de varios procesos biológicos en un individuo, permite la comprensión integral.

Tabla 2.4

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 3: PROCESOS PARA LA CONTINUIDAD DE LA VIDA

Total de horas: 24

Propósito: El alumno comprenderá los procesos biológicos que permiten la continuidad de la vida y su importancia como característica de unidad y diversidad en los seres vivos, lo que permitirá entender su propio desarrollo y el de las demás formas de vida.

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
Introducción a la unidad: Reproducción y herencia como principios de unidad y diversidad.	- Inicia con una actividad grupal, se plantea algún problema relacionado con el contenido de la unidad.	*El tipo de preguntas son básicamente conceptuales, como inductoras al tema.
Reproducción celular. Ciclo Celular Mitosis y Meiosis	- Que los alumno a partir de observaciones microscópicas u otros materiales como videos analicen las características e importancia de estos procesos	*Conocimiento de tipo conceptual
Individual Asexual y Sexual Fecundación y desarrollo embrionario	- Investigación bibliográfica sobre diferencias entre reproducción. - Se sugieren prácticas de laboratorio. - Se elaborará un ensayo sobre la importancia de cada una. - Se estudiara el desarrollo embrionario y analizarán problemas	*No se especifica cómo se estudiara el tema individual o en equipos o de forma grupal, así como el tipo de prácticas.
Desarrollo e importancia de la genética	- Revisarán el origen y desarrollo histórico...y reconocerán algunos de los problemas científicos y sociales. - Se analiza en grupo su importancia y aplicación.	*Destaca la sugerencia de la discusión grupal de contenidos en problemas científicos y sociales e investigaciones en el campo de la ingeniería genética.
Herencia mendeliana y teoría cromosómica: 1ª y 2ª leyes de Mendel. Teoría cromosómica de la Herencia	- Plantearán algunos problemas de la herencia...para que a partir de éstos, comprendan la importancia de su estudio para entender su propio desarrollo.	* El tipo de problemas sobre herencia no resulta claro si se refiere a problemas genéticos.
Determinación del sexo. Herencia ligada al sexo: Daltonismo, Hemofilia	-Se propone realizar ejercicios sobre problemas de cruza genéticas y prácticas de laboratorio sobre dimorfismo y cruza de <i>Drosophila</i> .	* Hasta este momento se plantea la utilización de la mosca de fruta <i>Drosophila</i> .
Alteraciones genéticas: Aberraciones cromosómicas.	-Que los alumnos organizados en equipos investiguen las principales alteraciones genéticas, sus causas y efectos... -Presenten en carteles o audiovisuales - Realizar mesas redondas o foros	*La conducción para su debate, no esta clara o no resulta significativa si por la temática parecería que ya fueron analizados algunos problemas de la herencia.
Herencia molecular: Moléculas de la herencia: estructura y función del ADN y ARN. Genes y cromosomas Cambios en el material genético.	- Investigarán la estructura del ADN y ARN, elaborarán modelos. - Se sugiere la elaboración de un cuadro comparativo - Se sugieren observaciones microscópicas de cromosomas - Elaboración de modelos de diferentes tipos de cromosomas y proyecciones audiovisuales. -Investigarán tipos de mutaciones...	*Se plantean en un mismo tema dos modelos, cuáles serían las diferencias de estos o a qué tipo de objetivo pretende alcanzar. Además de observación de cromosomas de <i>Drosophila</i> , donde no resulta claro que otro objetivo se cubriría.
Integración de los conocimientos de la unidad	- Se retomará lo estudiado en la unidad para construir el concepto de continuidad.	* Destaca la conducción de investigación y análisis grupal, sin embargo ¿alcanza el tiempo programado?

Tabla 2.5

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 4: EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Total de horas: 15

Propósito: Que el alumno comprenda la evolución y su relación con la diversidad biológica, para contribuir con ello a desarrollar en él una actitud responsable frente a las formas de vida actuales

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
Introducción a la unidad: La evolución y su papel en la diversidad biológica.	-Se sugiere que el grupo plantee un problema que se resuelva a través de la unidad. Por ejemplo: ¿Cómo se explica la sucesión de especies que describe la Paleontología?	*Plantean ejemplos de problemas o preguntas inductoras, que son interesantes para un especialista más que para un alumno de bachillerato.
Evidencias de la evolución: fósiles Filogenia Ciencias que aportan pruebas para la evolución: paleontología, anatomía, embriología y genética comparadas. Distribución geográfica de las especies. Adaptación	- Se proponen prácticas de laboratorio como por ejemplo: observación de fósiles, la elaboración de modelos, cultivo de bacterias sometidas a antibióticos o la observación de ejemplares de diferentes grupos, para el análisis en grupo. -Se sugiere el estudio de mapas de distribución de alguna especie -Elaboración de esquemas que permitan analizar los cambios morfológicos como evidencia de la evolución de alguna especie. - Se sugiere complementar con visitas guiadas a museos, proyección y análisis de material audiovisual.	*Según el tipo de inducción, no es claro qué alcance o propósito se quiere lograr, que debería ser claro, en función de algún organismo, como modelo para que los alumnos transfieran a otros organismos. Asimismo poder realizar esquemas de diferentes especies, para analizar los cambios morfológicos.
Antecedentes y desarrollo de la Teoría de la Evolución: Lamarck Darwin Síntesis moderna	-A partir de lecturas los alumnos discutirán los trabajos de Lamarck y Darwin y el desarrollo que ha tenido la teoría de la evolución. -En discusión grupal, el profesor guiará a los alumnos en el análisis de algún problema relacionado con la evolución. -Elaborarán un ensayo con sus conclusiones.	* El análisis de algún problema concreto relacionado con la evolución, se trabaja a nivel teórico descriptivo. Sin embargo por el tipo de ejemplos, podría realizarse de manera experimental, ejemplo: ¿Qué adaptaciones o cambios han tenido los organismos que invadieron el medio terrestre?
El hombre y la evolución	- Se sugiere una mesa redonda o debate para analizar el impacto de las actividades del hombre en la naturaleza.	
Integración de los conocimientos de la unidad Concepto de evolución	-Se discutirán las evidencias y estrategias evolutivas planteadas a lo largo de la unidad. - Se discutirá en grupo los diferentes conceptos de evolución que los alumnos han construido. -Se sugiere la elaboración de mapas conceptuales.	* Las evidencias y estrategias podrían analizarse a la luz de uno o varios organismos como modelo, planeados por el profesor con anticipación y no de manera tan general y descriptiva. Actualmente los mapas conceptuales son un instrumento más utilizado en contenidos y evaluación.

Tabla 2.6

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 5: HISTORIA EVOLUTIVA DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Total de horas: 20

Propósito: El alumno estudiará el origen y la evolución diversidad biológica, reconociendo los principales grupos de seres vivos, para ubicarse a sí mismo en la escala evolutiva y con ello fomentar el desarrollo de una actitud responsable frente a la naturaleza.

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
Introducción a la unidad: Origen y evolución de la diversidad biológica	- Observación de ejemplares de laboratorio, diapositivas o videos de organismos - Plantear problemas de diversidad biológica que sean abordados a lo largo de la unidad.	*La estrategia inicial no considero que sea útil, para sin conducción plantear problemas de diversidad biológica.
Qué es la diversidad biológica: Taxonomía Criterios de clasificación	- Investigarán qué es taxonomía y sus orígenes - Discusión grupal sobre su importancia -Realizar prácticas de clasificación de ejemplares	
Teorías sobre el origen del Universo y el origen de la vida: Protovirus y virus Protocélulas	- Se propone que los alumnos investiguen, sobre el tema. -Llevarán libros a la clase y elaborarán líneas de tiempo o cuadros descriptivos de los diferentes phyla, narrando su aparición, sus adaptaciones y características distintivas.	* Las sugerencias didácticas de estos temas estan de manera integral y no separadas por temas. Son estrategias integradoras, sin embargo no se precisa el tipo de estrategia en algunas sugerencias, además parece una profundización de la descripción de contenido. Pondera el trabajo individual.
Procariontes y los orígenes de la diversidad metabólica	-Asimismo los procesos biológicos que les permitieron la radiación adaptativa, por ejemplo la invasión de los diferentes medios.	
Protistas y el origen de los eucariontes	-Se destacará la importancia para el hombre de cada uno de los grupos. -Se sugiere actividades de apoyo como la elaboración de modelos, láminas, la observación de ejemplares en el laboratorio, la proyección de películas.	* Aparece la elaboración de modelos en el mismo nivel de estrategia que la elaboración de una lámina que representan descripciones teóricas.
Plantas y la colonización de la tierra	-Investigación documental para que realicen observaciones y comparaciones que ayuden en la elaboración de cuadros comparativos y líneas del tiempo.	* El nivel alcanzado es de descripción y comparación.
Fungi		
Invertebrados y el origen de la diversidad animal hasta los cordados		
Ubicación del hombre en la escala evolutiva	-En mesas redondas discutir y analizar la ubicación del hombre en la escala evolutiva y las consecuencias de sus actos. Proponer soluciones.	* Se concluye con una actividad propositiva, pero a nivel de expresión oral o escrita, es decir nivel teórico.

Tabla 2.7

ANÁLISIS DE CONTENIDOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Unidad 6: LOS SERES VIVOS Y SU AMBIENTE

Total de horas: 24

Propósito: Que el alumno, a partir del estudio y conocimiento de la relaciones de los organismos con su ambiente, sea capaz de reconocerse como parte del ecosistema y con ello se contribuya a desarrollar actitudes favorables y propositivas frente a la conservación de la naturaleza y los problemas ambientales.

TEMAS	NIVEL DE ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBSERVACION/ Comentario del nivel de la estrategia
Introducción a la unidad: Relación de los seres vivos con su ambiente	- El grupo planteará problemas que se podrán resolver a través de la unidad. Por ejemplo: ¿Cómo influye la temperatura en la distribución de organismos sobre la tierra?, ¿Porqué México tiene gran riqueza de ecosistemas? Etc.	* La resolución de este tipo de incógnitas se plantea a nivel conceptual teórico, no experimental
La ecología y su objeto de estudio	- Realizarán una investigación bibliográfica sobre la historia de la Ecología. - Identificarán en artículos de revistas y periódicos los principales problemas de índole ecológico. -Discutirán propuestas de solución.	* Se precisa las fuentes de consulta y presenta una secuencia integradora
Ecología de poblaciones, comunidades y ecosistemas: Índices ecológicos Relaciones interpoblacionales Relaciones intrapoblacionales Estructura de un ecosistema Ecosistemas terrestres y acuáticos. Energía en los ecosistemas	- Se sugiere una salida de campo o prácticas de laboratorio para caracterizar estructural y funcionalmente un ecosistema. - Qué evalúen la importancia de sus elementos y las interrelaciones entre ellos, así como las consecuencias de una alteración. - Qué mencionen los principales problemas que puedan presentarse y propongan soluciones. -Se sugiere complementar con actividades de apoyo como: proyecciones, audiovisuales, visitas a reservas, Jardín Botánico,etc	* Es un tema amplio con muchos subtemas a revisar, la integración es importante, y no se precisa que nivel de evaluación se pretende, si es a nivel descriptivo teórico o si se pretende como integración de temas.
Recursos naturales: renovables y no renovables Ecosistemas mexicanos	-Investigarán los principales recursos naturales y se clasificarán en clase. Elaborarán folletos informativos o campañas de información. - Exposición por equipos de tipos de ecosistemas.	* Presenta una actividad integradora de difusión, que podría ser al final de la unidad. Además la exposición en general de temas por los alumnos, no resulta novedosa y el tiempo no es suficiente.
Problemas ambientales: Nivel local y regional (contaminación de agua, aire, desechos sólidos y residuos) Nivel país (sobree explotación de recursos y extinción de especies) Nivel mundial (cambio climático global).	- A través de la investigación, detectarán los problemas ambientales a diferentes niveles. - Se realizará un análisis grupal y se propondrán acciones-solución. - Realización de debates en mesas redondas sobre temas ambientales. Apoyado con exposición de carteles. - Apoyar con actividades de apoyo: videos, visitas, conferencias, etc. Y reporte de conclusiones. - Investigación sobre contaminación (proyecto multidisciplinario)	* Las estrategias presentan una adecuada secuencia para el tema, sin embargo el cálculo en tiempo y los debates tienen una variación que depende de las características de cada grupo. Y se corre el riesgo de solo ponderar un tipo de problema ambiental. Dejando del lado los niveles y los ámbitos de acción.
Integración de los conocimientos de la unidad.	- En sesión grupal se plantearán posibles soluciones para el problema planteado al inicio de la unidad y se sacarán conclusiones que integren los conocimientos adquiridos.	* La estrategia planteada, no es adecuada en función del manejo parcial de temas que se ha permeado a lo largo de la unidad.