



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EL CAMBIO CONCEPTUAL EN GENÉTICA
MEDIANTE LA ESTRATEGIA DE CONTRASTACIÓN
DE MODELOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)**

P R E S E N T A

BIÓL. CARMEN LEONOR MARTÍNEZ PARRA

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. GUADALUPE JUDITH MÁRQUEZ GUZMÁN
CODIRECTORA DE TESIS: DRA. ASUNCIÓN LÓPEZ MANJÓN**

MÉXICO, D.F.

DICIEMBRE, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A ISMAEL

Porque el día que te conocí entendí que existe el amor a primera vista. Cuando pienso en ti mi ser se estremece y cuando se que vas a llegar el tiempo quisiera apresurar.

A LEONARDO

Por ser el parte aguas de mi vida.

A MIS PADRES

Amalia y Guillermo por su apoyo en todos mis proyectos.

A MIS HERMANOS

Guillermo, Israel y Amalia a quien debo un sin fin de momentos preciosos.

A ELIZABETH

Por acompañarme en esta transformación docente.

A LOS ALUMNOS

Porque sin ellos este proyecto no tendría sentido.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNAM

Porque me ha permitido ser parte de su comunidad primero como alumno y ahora como docente.

A LA DGAPA

Por todas las facilidades para realizar esta maestría que me ha transformado como académico.

A LAS TUTORAS

Dra. Guadalupe Judith Márquez Guzmán y Dra. Asunción López Manjón por su guía en este trabajo tan complejo.

AL PROFESOR HUMBERTO ZEPEDA

Por su asesoría estadística.

AL PROFESOR HUMBERTO SALINAS

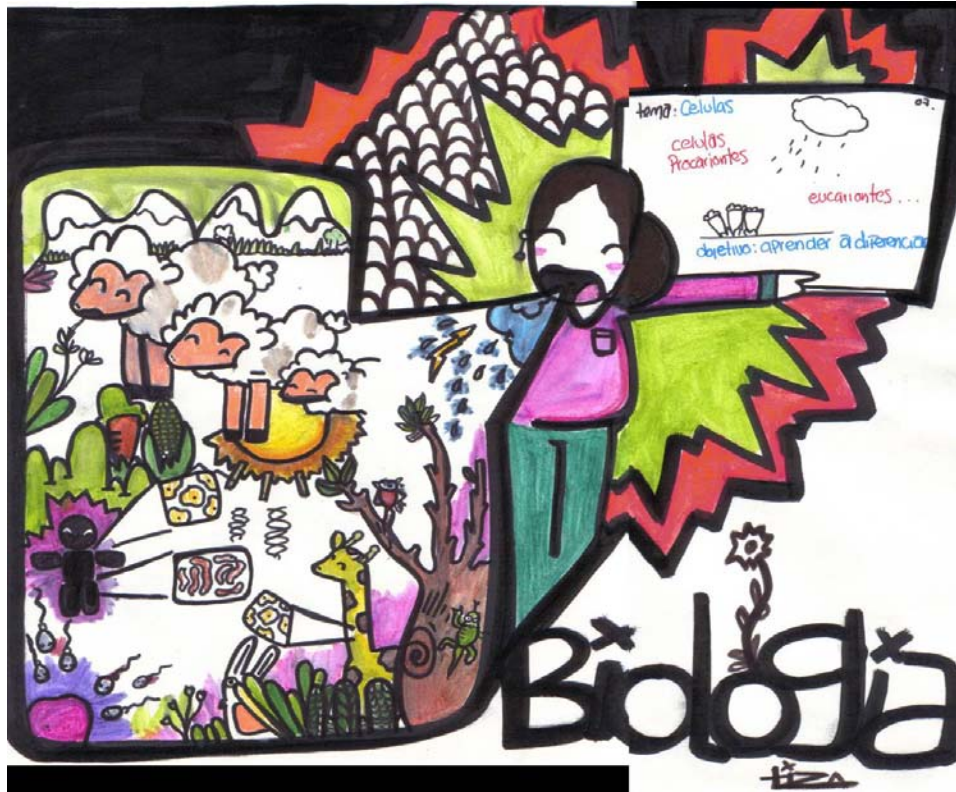
Por supervisar mis prácticas docentes.

A LA PROFESORA CARLOTA ESTRADA

Por su dirección en el desarrollo del diseño instruccional.

A MIS SINODALES

Dra. Patricia Ramos Morales, Mtra. Olivia Mireles Vargas y M. en C. Sergio Gerardo Stanford Camargo por sus valiosos comentarios que me ayudaron a reflexionar sobre este trabajo y en mi actuación en el aula.



Mi trabajo desde la perspectiva de Tiza.



Mi trabajo en palabras de Gaby.

ÍNDICE

1. RESUMEN	7
2. INTODUCCIÓN	8
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1. ¿POR QUÉ LOS ALUMNOS NO APRENDEN CIENCIA?	10
3.2. LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS	13
3.2.1. ¿Cómo se definen las concepciones alternativas?	13
3.2.2. ¿Cuáles son las características de las concepciones alternativas?	15
3.2.3. ¿Cómo se originan las concepciones alternativas?	17
3.2.4. ¿Cuáles son las concepciones alternativas en genética?	19
3.3. EL CAMBIO CONCEPTUAL	23
3.3.1. Las concepciones alternativas como teorías implícitas	23
3.3.2. Las hipótesis sobre el cambio conceptual	25
3.3.3. Implicaciones en el aula	27
4. JUSTIFICACIÓN	29
5. OBJETIVOS	32
6. HIPÓTESIS	32
7. DISEÑO INSTRUCIONAL	33
7.1. Esquema general	34
7.2. Sesiones particulares	36
8. METODOLOGÍA	58
8.1. Participantes	58
8.2. Procedimientos	58
8.2. Tareas	60
8.4. Análisis de datos	63
8.5. Análisis estadístico	72
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
9.1. Estado inicial: Las concepciones encontradas	74
9.2. Comparación grupo control y experimental antes y después de la instrucción	75

9.2.1. Niveles de organización	76
9.2.2. Clasificación de animales	78
9.2.3. Variabilidad	80
9.2.4. Biodiversidad	83
9.2.5. ¿Cada célula de un individuo tiene la misma información genética?	84
10. CONCLUSIONES	93
10.1 Implicaciones didácticas	95
11. BIBLIOGRAFÍA	98
12. ANEXOS	105
Anexo 1. Tareas de evaluación. Antes y después de la instrucción	105
Anexo 2. Recursos utilizados para cada sesión	117
Anexo 3. Gráficas	137
Anexo 4. Pruebas estadísticas	139

1. RESUMEN

Los resultados de esta investigación muestran que los alumnos de bachillerato, tal como se ha observado en estudiantes de otros niveles de escolaridad y nacionalidades, tienen una serie de concepciones alternativas acerca de diversos conceptos sobre procesos genéticos. Hay confusión entre los conceptos gen, cromosoma y ADN. Los alumnos tienen la idea que las células de un individuo tienen diferente información genética dependiendo de su forma, función y lugar donde se localicen en un individuo. Reconocen el concepto de variabilidad pero no su importancia en la sobrevivencia de los organismos.

El análisis indica la importancia de que los profesores estén conscientes de las concepciones alternativas que guardan sus estudiantes a fin de considerarlas como punto de inicio en el diseño de las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados demuestran que los alumnos, que estudiaron los conceptos genéticos a través del diseño instruccional basado en el constructivismo, reestructuran sus ideas acerca de la relación de los conceptos genéticos y la naturaleza de la información genética en un individuo.

Esta investigación muestra que el uso de las estrategias donde se contrastan concepciones alternativas de los estudiantes con las concepciones científicas pueden ser una herramienta útil para el cambio conceptual.

Palabras clave: concepciones alternativas (CA), concepciones científicas (CC), cambio conceptual y contrastación de modelos.

2. INTRODUCCIÓN

Cuando como profesores ingresamos a la vida académica, sabemos qué enseñar en cuanto a contenido conceptual pero la mayoría de las veces no sabemos cómo hacerlo, por lo tanto nos vemos limitados a repetir instrucciones que recibimos cuando fuimos alumnos, o bien, a adoptar la exposición magistral como único recurso educativo.

A la luz del constructivismo, la instrucción tradicional es pobre como promotora del cambio conceptual, esto se debe a que las concepciones alternativas de los estudiantes, consecuencia de un conjunto de experiencias, les permiten interpretar su mundo externo, dando una base sólida para su aplicación en lo cotidiano.

Dada la resistencia al cambio conceptual de estos esquemas de interpretación se ha sugerido considerarlos como punto de partida para la elaboración de estrategias basadas en los supuestos constructivistas, donde el alumno es el responsable último de su propio conocimiento, éste último construido activamente a partir de los contenidos que ya posee. Por su parte, la función del docente es conectar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente aceptado. Para lograr esto, debe orientar y guiar explícita y deliberadamente la actividad mental constructiva.

La importancia de la Biología en la formación de los estudiantes, no solamente desde el punto de vista de adquisición de conocimientos, sino también de habilidades y actitudes, llevó, en los ochentas, a la realización de varios trabajos que intentaban determinar cuáles eran los contenidos de Biología más difíciles de aprender y enseñar. La Genética aparecía en los primeros puestos de importancia y dificultad (Bahar, Johnstone y Sutcliffe, 1999; Marbach-Ad, 2001). Cabría, entonces, preguntarse *¿Cuáles son las concepciones alternativas de los estudiantes en genética? ¿Cómo se originan esas concepciones? y ¿Cómo considerarlas como punto de partida en el diseño de estrategias?*

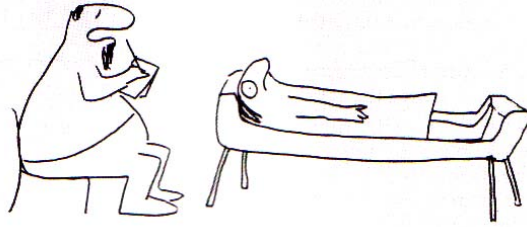
La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una serie de estrategias para abordar el tema de genética en el nivel bachillerato. Las actividades se propusieron a partir de las concepciones alternativas de los

alumnos y se contrastaron con los modelos científicos, a su vez, consideraron el objetivo del plan de estudios vigente en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

En el trabajo se presenta como fundamento teórico una breve reseña sobre las características de las concepciones alternativas y la postura adoptada sobre el cambio conceptual, elementos que sirven de plataforma para el diseño de las estrategias de enseñanza-aprendizaje. Se describen, a detalle, las tareas utilizadas para la exploración de las concepciones alternativas y se señala de manera general y particular el diseño instruccional, donde se incluyen los recursos didácticos propuestos. Los resultados muestran en primera instancia, las concepciones alternativas identificadas en los estudiantes y comparan éstas al inicio y al final de la instrucción. Los resultados sugieren un impacto de las estrategias de contrastación de modelos, en la reestructuración de las concepciones de los alumnos sobre la genética. Finalmente se señalan algunas implicaciones en el aula.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ¿POR QUÉ LOS ALUMNOS NO APRENDEN CIENCIA?



Sus sentimientos de inseguridad parecen haber empezado cuando Juan Hernández dijo "tal vez no tengo un problema de aprendizaje; tal vez usted tenga un problema de enseñanza". Tomado de: Santrock, 2002.

Es común preguntarnos entre profesores, cuando nos paseamos por los pasillos de la escuela, cuando tenemos alguna reunión académica o durante los cursos intersemestrales, ¿Por qué los alumnos no aprenden ciencia?

Muchas veces nos sentimos frustrados e inundados de desasosiego al observar, en las aulas, el limitado alcance de nuestras estrategias de enseñanza en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Existen diversas hipótesis que intentan explicar el bajo impacto en la comprensión de conceptos en diferentes campos del conocimiento. Algunos datos y ejemplos en biología se ilustran en la Tabla 3.1.

Muchas de estas ideas las hemos escuchado en nuestras aulas, algunas hasta nos han parecido graciosas o descabelladas y las tomamos como anécdotas divertidas. Sin embargo, como lo señalan Pozo y Gómez-Crespo (1998) más que respuestas excepcionales son, en muchos casos, la forma en que los alumnos entienden la ciencia. Es decir, no se trata de ideas aisladas sino de una estructura conceptual que les permite explicar los fenómenos que acontecen en su entorno, son además, producto de la intuición y están bien cimentadas; de aquí su resistencia al cambio. Estas ideas son conocidas como concepciones alternativas las cuales se analizarán con detalle más adelante a fin de comprender sus causas y sus implicaciones en el diseño de estrategias de enseñanza.

Tabla 3.1. Algunas dificultades que los alumnos encuentran en la comprensión de conceptos biológicos

CÉLULA	Las células están especializadas, existen algunas que se dedican a la producción de proteínas para todo el organismo y otras que producen la energía. Dreyfus y Jungwirth (1989).
GENÉTICA	Las características están en los cromosomas. Stewart y Dale (1989). La célula nerviosa hace más cosas que otras células, por lo que, tiene que tener más cromosomas. Wood- Robinson, Lewis y Leach (2000).
FOTOSÍNTESIS	La fotosíntesis es el proceso de respiración en plantas utilizando la luz. Pashley (1994). Los materiales que las plantas absorben del suelo son su alimento. Bishop (1986).
RESPIRACIÓN	Los animales son distintos de los vegetales en cuanto a la respiración. García (1991). Las plantas no respiran. Cañal (1999).
EVOLUCIÓN	La adaptación es un proceso individual que ocurre durante la vida del organismo. Todos los individuos se deben ajustar a las condiciones existentes del medio, y al cambiar los ambientes, ellos cambian también. La evolución sería simplemente una consecuencia de este proceso de ajuste. Bizzo (1994). Las focas se han adaptado con su piel blanca esto les permite confundirse con la nieve. Settlage (1994).

Además de los problemas conceptuales, Finkel (1999), Campanario y Otero (2000) señalan que los estudiantes también tienen dificultades en el uso de estrategias para la solución de problemas. Muchas veces como profesores nos centramos en la enseñanza de conceptos olvidándonos de los contenidos procedimentales. Es decir, enseñamos las concepciones científicas pero no cómo utilizarlas para abordar un problema. Lo anterior involucraría planear de manera deliberada estrategias que promuevan la observación, el análisis, la argumentación, la aplicación de conocimientos a nuevos contextos, la traducción de los resultados obtenidos, así como el control de los alumnos sobre su propio aprendizaje.

Esto podría tener huella sobre el ámbito actitudinal. Si los alumnos no toman sentido al conocimiento científico en su aplicación para la solución de problemas, no sólo en el ámbito escolar sino en situaciones cotidianas, esto se verá reflejado en su interés y en sus actitudes hacia el conocimiento científico. Pozo y Gómez Crespo (1998) señalan que las actitudes inadecuadas o incluso incompatibles con los fines de la ciencia, se traducen en falta de interés y motivación por los temas científicos. En la Tabla 3.2 se señalan algunos de los

problemas actitudinales que podrían tener un impacto importante en el aprendizaje de las ciencias y por lo tanto de la biología.

Tabla 3.2. Algunas actitudes y creencias inadecuadas de los alumnos con respecto a la naturaleza de la ciencia (Modificado de Pozo y Gómez Crespo, 1998)

ACTITUDES	<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos adoptan posiciones pasivas, esperando respuestas en lugar de formularlas • Asumen que el trabajo intelectual es una actividad individual y no de cooperación y búsqueda conjunta
CREENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender consiste en repetir de la mejor manera lo que ha dicho el profesor. • El conocimiento científico es muy útil en el aula pero no en la vida cotidiana • La ciencia nos proporciona conocimientos verdaderos y aceptados por todos • El conocimiento científico es neutro y verdadero

De acuerdo al planteamiento descrito, la educación científica tendría que suscitar el aprendizaje de los contenidos conceptuales a través de tácticas que promuevan el ejercicio de habilidades del pensamiento y que además tengan un impacto en las actitudes y creencia de los estudiantes. Lo anterior implica, planear experiencias de enseñanza-aprendizaje, donde el profesor esté conciente de los problemas que se presentan en los ámbitos conceptual, procedimental y actitudinal Figura 3.1.

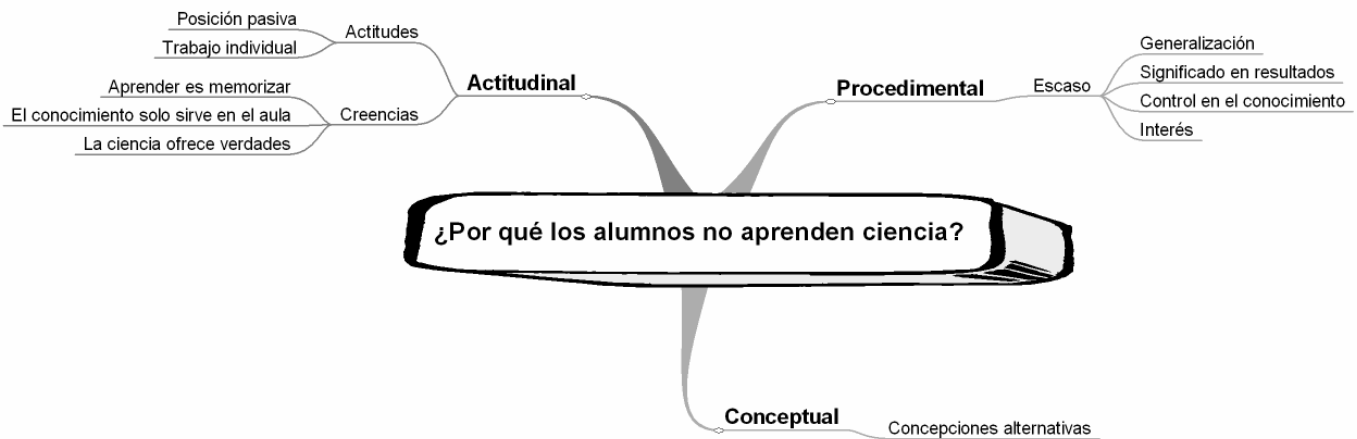


Figura 3.1. Dominios donde se encuentran las dificultades en el aprendizaje de los alumnos (Estructurado a partir de Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Como se analizó en los párrafos anteriores existen muchas causas por las cuales se ve afectado el aprendizaje de los alumnos en los diferentes campos de conocimiento. De especial interés son las concepciones alternativas de los

estudiantes, ya que se ha observado que en muchos casos éstas se mantienen después del periodo de instrucción e incluso se han considerado como obstáculos para el aprendizaje. Sin embargo en esta propuesta se utilizan como punto de referencia para el diseño instruccional.

De aquí se desprenden las siguientes preguntas: *¿Qué son las concepciones alternativas? ¿Cuál es su origen? y ¿Por qué conviene considerarlas en el diseño de estrategias didácticas?*

3.2. LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

3.2.1. ¿Cómo se definen las concepciones alternativas?

El mayor objetivo en la educación de la ciencia ha sido la comprensión conceptual en lugar de la memorización del conocimiento factual (Yip, 2001). A pesar de este objetivo, hoy en día, muchos profesores piensan que su tarea es identificar el concepto principal y presentarlo a los alumnos en forma inteligible, como si la interconexión y comprensión de conceptos pudieran ocurrir espontáneamente después de la memorización. Se sabe que el aprendizaje obtenido por esta ruta es fácil de olvidar y no se transfiere.

Por su parte, el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes construyen activamente su conocimiento. Lograr que el alumno obtenga un aprendizaje significativo implica una tarea ardua del profesor, el cual debe considerar el estado inicial del estudiante, es decir, debe estar consciente de la visión del estudiante acerca de los fenómenos que acontecen a su alrededor, de la manera en que son interpretados y de su interés por los mismos.

Desde la concepción constructivista, Miras (2004), habla de tres elementos que determinan el estado inicial de los alumnos: 1. los alumnos presentan una determinada disposición para llevar a cabo el aprendizaje, donde están involucrados factores de tipo personal e interpersonal (la autoestima, las experiencias de aprendizaje, su capacidad de asumir riesgos, esfuerzos, etc.); 2. los alumnos presentan determinadas habilidades, estrategias e instrumentos para llevar a cabo el proceso, además, de las capacidades motrices, de equilibrio personal y de relación interpersonal y; 3. el tercer aspecto corresponde a los

conocimientos que ya posee con respecto al contenido que se quiera aprender los cuales se denominan de muchas maneras y una de ellas es concepciones alternativas.

Las concepciones de los estudiantes y los profesores han sido el tema central de investigación de la educación en la ciencia, de aquí, se sabe que los alumnos llegan a la instrucción formal con preconceptos o creencias (Duit, 2002) que pueden o no ser erróneas desde el punto de vista científico, las cuales sirven como punto de anclaje para el nuevo conocimiento.

Las concepciones alternativas han tenido un sin fin de denominaciones. Se les conoce como preconcepciones, esquemas alternativos, primeras evidencias, ideas intuitivas, ideas previas, creencias ingenuas, ideas erróneas, versiones múltiples privadas sobre la ciencia, modelos personales de la realidad y razonamientos espontáneos, entre otras (Alvarado y Flores, 2001; Wandersee, Mintzes y Novack, (1994). Cada una de estas determinaciones supone una concepción teórica determinada. Por ejemplo llamarlas ideas erróneas asume que las concepciones alternativas de los alumnos son incompatibles con el conocimiento científico, por lo que sería preciso eliminarlas o erradicarlas, además de tener una connotación peyorativa. Llamarlas preconcepciones tiene como sustento que son compatibles con el conocimiento científico y por lo tanto la enseñanza se vería como un incremento y mejora de las mismas.

Para este estudio se asume el término concepciones alternativas (CA) bajo el supuesto que los estudiantes pueden tener opciones diferentes para la interpretación de un fenómeno y que éstas pueden estar más o menos alejadas de las concepciones científicas (CC). De aquí, que coincida con la visión de cambio conceptual, concebida como una integración jerárquica de las concepciones y no como el cambio radical de una por otra.

La expresión CA se refiere a las explicaciones basadas en la experiencia personal, construidas por el estudiante, las cuales dan sentido a los objetos y procesos en los que están envueltos. Como consecuencia, las concepciones alternativas pueden ser racionales y válidas para cierta fenomenología, la del

sentido común (Wandersee, Mintzes y Novack, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1999; Bacáicoa, 1996; Miras, 2004).

3.2.2. ¿Cuáles son las características de las concepciones alternativas?

Las investigaciones acerca de las CA, que mantienen los alumnos, han puesto al descubierto las características que comparten las CA en cualquier área (Wandersee, Mintzes, y Novack 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Bacáicoa, 1996; Fisher, 1985). En el siguiente esquema se muestran de manera resumida (Figura 3.2)

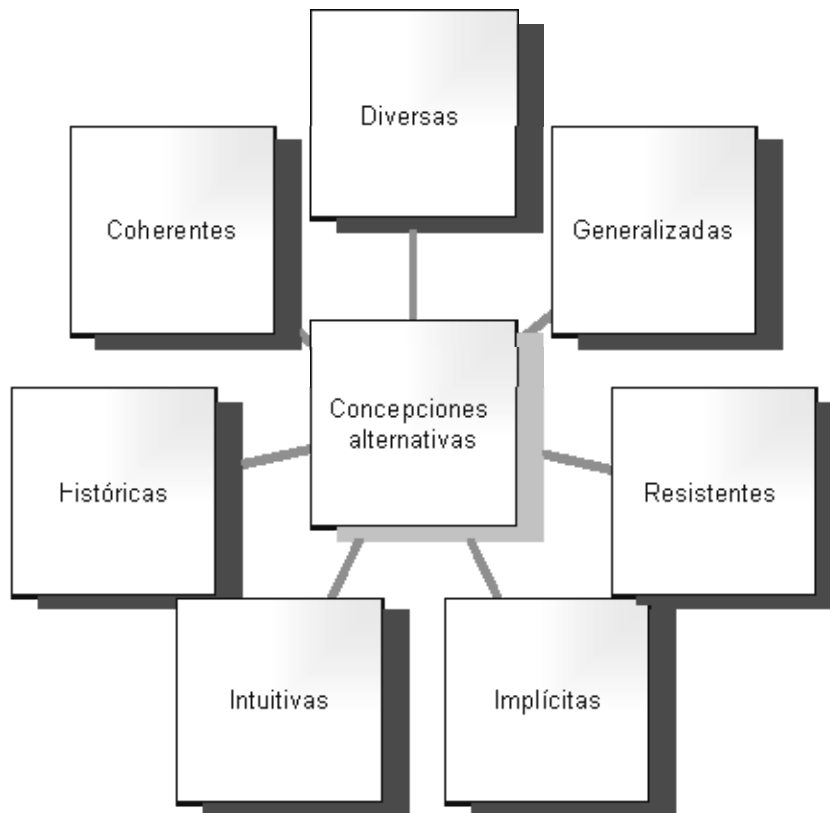


Figura 3.2. Características de las concepciones alternativas. Construcción propia.

Cabe mencionar que estas características no se aplican en la misma medida a todas las CA ni en todas las áreas. La generalización que se muestra en este apartado es un intento para comprender los rasgos de las CA pero debe considerarse que existen particularidades.

Los alumnos tienen un conjunto de CA sobre los diferentes temas científicos. Pfund y Duit (1991) tienen un catálogo donde se enlistan alrededor de

mil investigaciones dedicadas a estudiar las CA de los estudiantes. De aquí que se sepa que los alumnos llegan a la instrucción con un gran número de CA en física, química y biología. Estas explicaciones están relacionadas con los objetos y eventos naturales que nos rodean en la vida cotidiana (Sunal y Sunal, 1991) y pueden estar más o menos alejadas de las concepciones científicas.

Las CA se presentan sin distinción de género, edad o nivel educativo. Wandersee, Mintzes, y Novack (1994) señalan que existen estudios donde se ha observado que las CA se mantienen en un rango amplio de edades y niveles educativos. Por ejemplo, la idea de que el suelo es el lugar de donde se alimentan las plantas está ampliamente extendida desde los niños de 5 años hasta los adolescentes de 18 años.

Las CA son resistentes al cambio. Investigaciones como la de Banet y Núñez (1990) han dejado al descubierto el limitado alcance de las estrategias de enseñanza tradicional. Alumnos que han cursado sus materias, aparentemente de manera exitosa, mantienen sus CA en diferentes campos del saber. Pareciera que el conocimiento que se adquiere en el aula sólo sirve para ese contexto y al no encontrar punto de anclaje con el conocimiento anterior, las teorías científicas se aprenden de manera memorística. Desde esta perspectiva los alumnos son incapaces de aplicar los conceptos en la solución de problemas, en nuevos escenarios o contextos.

Las CA son implícitas e intuitivas. Las CA tratan de teorías en acción. Es decir, en la mayoría de los casos son más implícitas que explícitas, esto es, los alumnos las utilizan muchas más veces en su vida cotidiana y aún dentro de las aulas, pero en la mayoría de las veces no pueden ser verbalizadas. De ahí la falta de conciencia del sujeto sobre ellas y su dificultad para lograr el cambio conceptual. Las CA tienen su origen en las experiencias diarias (Mikkilä-Erdman, 2001), incluyendo la percepción, la cultura, el lenguaje y las experiencias escolares.

Las CA son similares a concepciones ya superadas en la historia de la ciencia. Por ejemplo, en biología se ha observado que comúnmente los

estudiantes creen que los organismos son capaces de cambiar para sobrevivir: “Las chitas necesitan correr más rápido para alcanzar a sus presas”. “Los africanos han desarrollado la piel oscura porque necesitan protegerse de la intensa radiación solar” (Bishop y Anderson, 1990 y Brumby, 1984). Estas concepciones lamarkianas surgen en un momento histórico y en la actualidad se consideran superadas, sin embargo son comunes en los estudiantes. Es como si el desarrollo histórico de las ideas sobre la ciencia fuera reproducido por los individuos.

Algunos profesores pueden tener CA similares a las presentadas por los estudiantes. Investigaciones en el campo de las CA (Barrass, 1984, García, 1991 y Yip, 1998) han expuesto que algunos de los profesores portan las mismas concepciones que los estudiantes. Las CA pueden ser generadas, sin darnos cuenta, por el uso ambiguo de la terminología o por la implementación de libros de texto que las contienen.

Las CA son coherentes. Lawson y Thompson (1988) proponen que las CA no son piezas aisladas sino que forman una estructura conceptual sólida. En otras palabras están involucradas en un sistema de creencias que forman un conjunto de proposiciones unidas lógicamente, las cuales son utilizadas por los estudiantes de manera sistemática para afrontar situaciones diversas.

3.2.3. ¿Cómo se originan las concepciones alternativas?

A partir del análisis de las características de las CA es posible percatarnos que éstas tienen orígenes diversos (Figura 3.3). De acuerdo con Pozo y Gómez-Crespo (1999) se han encontrado por lo menos tres fuentes bien definidas que se puntualizan en este apartado:

Origen sensorial: algunas concepciones parecen generarse de la percepción de fenómenos, procesos y observaciones realizadas a lo largo de la vida cotidiana (Leach, Driver, Scout y Wood-Robinson, 1995), de aquí que se consideren de sentido común y por tanto inconsciente.

Estas ideas no sólo hablan de la cotidianidad sino que al llegar a las aulas son trasladadas para explicar los fenómenos que se presentan. Por ejemplo:

desde la percepción el cerebro es un órgano importante que controla la actividad del resto del cuerpo, de aquí, que el núcleo es el cerebro de la célula.

Origen social: diversas concepciones aparecen por la influencia del entorno social y cultural (Mateos, 1993) donde se encuentra el individuo. Las CA están dadas por el conjunto de creencias compartidas por grupos sociales, incluyendo a la familia, la escuela, los medios de comunicación (Miras, 2004) y los libros de texto (Lloyd, 1990). Se transmiten a través del lenguaje como el uso de más de un término para el mismo concepto el cual puede crear confusión en los alumnos (Alparslan, Tekkaya, y Geban, 2003).

Por ejemplo, hemos escuchado hablar de la evolución de los carros. De manera social el término evolución se considera mejora. Este traslado del término a un contexto diferente del ámbito biológico, refuerza las ideas lamarckianas con respecto a evolución.

Origen analógico: la mayoría de las personas hacemos analogías a partir de lo que conocemos y lo trasladamos a una nueva situación, esto con la finalidad de comprender los fenómenos que nos rodean. En el contexto escolar es común el uso de analogía, sin embargo algunos libros de texto o incluso algunos profesores podemos llegar a hacer representaciones deformadas o simplificadas. Este tipo de analogías pueden generar o reforzar las CA de los estudiantes (Miras, 2004).

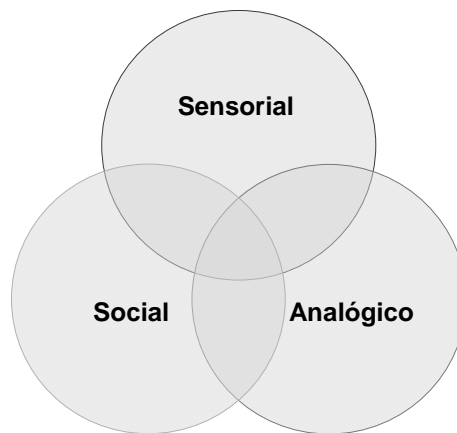


Figura 3.3. Tres fuentes posibles de origen de las concepciones alternativas en los estudiantes. Construcción propia.

3.2.4. ¿Cuáles son las concepciones alternativas en genética?

La genética ha sido uno de los temas más tratados en la didáctica de la biología. Esto se debe a su transcendencia y a que es un área de rápida expansión con importantes implicaciones científicas, económicas, éticas y sociales. Además de ser la base conceptual para la comprensión de los procesos vitales y la evolución de los seres vivos (Banet y Ayuso, 1998) y por tanto de la propia biología (Bugallo, 1995). Según Cavallo (1999) y Ayuso y Banet (2002) su interés educativo se justifica porque:

- Este conocimiento debe permitir que, en una sociedad informada, los ciudadanos comprendan, a un nivel básico, los avances de investigación en este ámbito de estudio y se interesen por sus repercusiones tecnológicas y sociales. Que en muchos de los casos tienen relación directa con nuestra cotidianidad.
- El estudio de la genética podría apoyar el logro del aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades del pensamiento como el análisis, reflexión, contrastación y la argumentación, entre otros. Habilidades que no sólo se utilizan en la genética sino que se requieren en diversos campos del conocimiento y aun en la vida cotidiana cuando nos enfrentamos a diversos problemas.
- Contribuye a reestructurar la concepción acerca de la naturaleza de la ciencia, es decir, que los estudiantes perciban el conocimiento científico como producto en continua revisión, del trabajo colectivo de una comunidad de investigadores y a fomentar actitudes personales de tolerancia y respeto.
- Pearson y Hughes (1986) señalan su importancia médica, donde argumentan que la mayoría de las personas, en algún momento de la vida, estaremos involucradas con una enfermedad genética, la información general acerca de este tema ayudará a la toma de decisiones.

La genética es, tal y como se ha descrito, importante para la comprensión de fenómenos biológicos, los cuales tienen impacto cultural, social, económico y político, de aquí la relevancia de su conocimiento. Sin embargo se ha declarado

como uno de los temas biológicos con mayor dificultad, tanto conceptual como lingüístico (Tsui y Treagust, 2004). Es incongruente pensar que mientras más avance se presentan en la genómica y la ingeniería genética, los alumnos tienen una pobre comprensión de los conceptos básicos de la herencia (como gen, ADN, cromosoma y síntesis de proteínas).

Diversos investigadores (Bugallo, 1995; Banet y Ayuso, 1995; Bahar, Johnstone y Hansell, 1999; Clough y Wood-Robinson, 1985, Pashley, 1994), coinciden en que los principales factores que afectan el aprendizaje de los alumnos en los temas genéticos son que:

- Los alumnos poseen desde muy pequeños, y antes de entrar a la instrucción formal (Venville, Gribble y Donovan, 2005), una serie de explicaciones sobre la herencia biológica, las cuales, de manera frecuente no coinciden o contrastan con los modelos científicos, estas explicaciones son las denominadas concepciones alternativas (ya descritas con anterioridad). La Tabla 3.3 muestra las CA más frecuentes en genética, las cuales son el punto de partida del diseño instruccional de esta investigación, así mismo se describe, a manera de contraste, las concepciones científicas.

- La genética es un área con un extenso vocabulario de gran complejidad. Existen una serie de palabras muy similares que hacen referencia a conceptos y procesos distintos (gen y alelo, cromosoma y cromátida, mitosis y meiosis). Esa semejanza superficial entre procesos distintos puede ser reforzada por el uso incorrecto o ambiguo en libros de texto (Radford y Stewart, 1982) y profesores, además de la confusión provocada por el lenguaje coloquial. Incertidumbre del papel y naturaleza de los cromosomas. Confusión de la relación entre cromosoma y gen. Falta de reconocimiento de que los genes están localizados en los cromosomas (Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a).

- Los estudiantes son expuestos a una variedad de procesos y conceptos a diferentes niveles de organización, los cuales son estudiados por separado. Existe una incapacidad de percatarse que todo ello es parte de un todo, aunado a la escasa oportunidad para vincular los temas. El resultado es un

conocimiento fragmentado (Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a) que no permite explicar los procesos genéticos.

Tabla 3.3. Concepciones científicas y alternativas en genética. Construcción propia.

CONCEPCIÓN CIENTÍFICA	CONCEPCIÓN ALTERNATIVA	FUENTE
Todos los seres vivos están formados por células, estas contienen los cromosomas.	Carencia de comprensión de la relación entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN.	Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a Longden, 1982
Los genes, moléculas responsables de la herencia biológica se encuentran en los cromosomas. Los genes están constituidos por ADN	Gen y cromosoma utilizados de manera intercambiable	Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a
	Falta de comprensión de qué es un gen, cuál es su función, dónde se encuentra y cuál es su relación con otras estructuras	Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000a
	No se reconoce al gen como entidad física con localización específica	Lewis y Kattmann, 2004
	Pobre comprensión de los conceptos Gen y ADN. Se considera al gen y ADN como cosas distintas con diferente localización	Venville, Gribble y Donovan, 2005
Gen como programa genético con las instrucciones para formar proteínas, a través del proceso que incluye transcripción y traducción.	No hay distinción entre gen y característica.	Venville, Gribble y Donovan, 2005
	Consideran al gen como una partícula que determina características, sin comprender el mecanismo de expresión genética.	Lewis y Kattmann, 2004 Venville, Gribble y Donovan, 2005 Tsui y Treagust, 2004
Todas las células somáticas de un organismo llevan el mismo material genético expresado de manera diferencial, de aquí que encontremos distintas formas y funciones celulares.	Cada célula del cuerpo de un individuo lleva diferente información genética dependiendo de su función	Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b Batet y Ayuso, 2000
	Todas las células contienen diferente información genética	Lewis y Wood-Robinson, 2000
Un organismo multicelular se desarrolla por mitosis de una sola célula llamada cigoto, por lo tanto cada célula lleva el mismo número y tipo de cromosomas y genes.	La información genética se encuentra exclusivamente en los gametos	Banet y Ayuso 1998
	Hay células sin información genética	Banet y Ayuso 1998
La meiosis produce gametos	La información hereditaria se	Banet y Ayuso, 1995

que contienen la mitad del número cromosómico de una especie.	encuentra básicamente en los gametos, aunque algunas células consideradas como importantes también pueden llevar	Banet y Ayuso, 2000 Ayuso y Banet, 2002
Los gametos son células haploides genéticamente diferentes.		

- Hay un alto grado de abstracción en la genética. La comprensión de los fenómenos genéticos implica la relación de los niveles macroscópico (relacionado con los organismos y sus características observables), microscópico (la célula: su estructura y función) y molecular (referido a los cromosomas, genes y ADN). Por otro lado, si bien es cierto que la observación y descripción juegan un papel importante en la biología, estas habilidades no son suficientes para la comprensión de la genética. La enseñanza de esta disciplina requiere, además de alto grado de abstracción, una aproximación analítica (Radford y Stewart, 1982), entendida como el ejercicio de habilidades para la solución de problemas, la aplicación de conceptos a nuevos contextos y la interpretación de resultados.

- El uso de representaciones matemáticas para las relaciones alélicas y no alélicas, (por ejemplo en las leyes de Mendel), donde los alumnos resuelven una serie de ejercicios de manera algorítmica con una carencia de comprensión de los procesos involucrados (meiosis, recombinación, fecundación, genotipo, fenotipo).

- Los contenidos de gran extensión y su secuenciación en los programas de estudio. La mayoría de las veces el programa sigue la secuencia lógica de la disciplina sin considerar el tiempo limitado para la enseñanza, donde se deben cubrir un gran número de temas, dando poca oportunidad a la discusión, asimilación y experimentación.

- Las CA en genética responden a un conocimiento intuitivo, ligado a la experiencia personal, a la influencia popular o de los medios de comunicación social como películas de ciencia ficción, caricaturas, juegos de video y comics (Venville, Gribble y Donovan, 2005). El conocimiento genético, en muchos de los casos, resulta contraintuitivo.

- Las estrategias disponibles para la enseñanza quedan reducidas a la exposición magistral. Desde esta perspectiva, el proceso de enseñanza-aprendizaje está centrado en el profesor y se limita a una aproximación descriptiva de la genética, donde se consideran pobremente las CA de los estudiantes. Este tipo de estrategias son pobres como promotoras del cambio conceptual.

Como hemos analizado hasta el momento existen diversas CA que obstaculizan la comprensión de la genética. Ahora tenemos necesariamente que preguntarnos *¿Qué es el cambio conceptual?* y *¿Por qué considerar las CA como punto de partida en el diseño instruccional?*

3.3. EL CAMBIO CONCEPTUAL

3.3.1. Las concepciones alternativas como teorías implícitas

Hasta aquí, se han expuesto algunas de las posibles causas del por qué los alumnos no aprenden ciencia. Se manejó brevemente los problemas procedimentales, actitudinales, se analizó con mayor profundidad las CA, sus características y origen; se describieron algunas de las más comunes en el campo de la genética y se habló de su resistencia al cambio. Pero lo que ahora nos ocupa es presentar la propuesta de cambio conceptual que se asume en este trabajo y sus implicaciones en el aula.

Debido a las características y naturaleza de las CA, se han considerado como verdaderas teorías implícitas. Es decir, no sólo se tratan de una serie de ideas que pueden o no ser verbalizadas, si no que éstas se encuentran sustentadas sobre una serie de supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales. Y es bajo estas teorías que actuamos en la toma de decisiones: observamos, interpretamos y predecimos nuestro mundo.

La manera en que interpretamos el mundo que nos rodea mantiene como supuesto epistemológico la idea que la realidad existe y por lo tanto que el mundo es tal y como parece (Vosniadou, 1994). Por ejemplo suponer que en los genes se guardan las características de las personas, como si estuvieran en chiquito, contra

la idea científica del gen como un modelo que nos ayuda a interpretar como se expresan los genes para dar origen a esas características (fenotipo).

Desde el punto de vista ontológico, Chi, Slotta y Leeuw (1994) sugieren que las categorías donde asignamos a cada objeto o fenómeno natural, reafirman las CA que portamos. Por ejemplo, no es lo mismo concebir al gen sólo como una propiedad de los sistemas vivos, que como un programa genético. La primera concepción se limita a un nivel de estado fijo, una característica determinada; mientras que desde la concepción científica (CC) el gen además de ser una característica de los seres vivos es un proceso con interacciones variadas.

Así mismo existen una serie de principios conceptuales que soportan las CA de los estudiantes. Hay una diferencia sustancial en la forma en que están estructuradas las CC y las CA; mientras que en las primeras hay estructuras conceptuales complejas, las CA se consideran simples y apoyadas en la causalidad lineal. Desde las CA, un gen determina una característica (proteína), mientras que desde la perspectiva científica un gen interactúa con el medio y con otros genes; produce una proteína, una parte de una proteína o está implicado en la construcción de varias.

En la Figura 3.4 se resumen algunos de los supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales que sustentan el concepto de gen, tanto en el ámbito de las CA como para las CC.

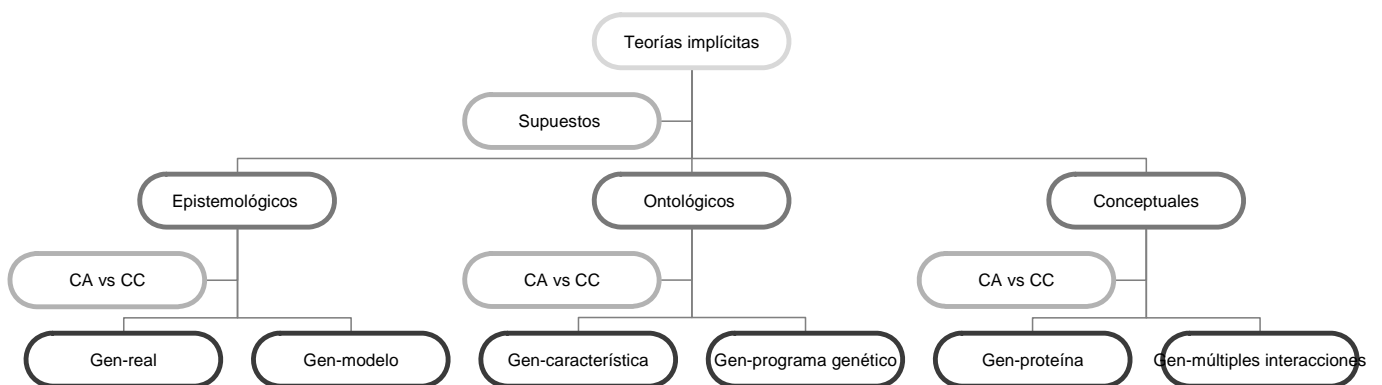


Figura 3.4. Supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales para el concepto de gen. Construcción propia.

De acuerdo al planteamiento anterior, el cambio conceptual tal como lo entendemos consistiría no sólo en un cambio en el contenido declarativo; sino también involucraría un cambio en la asignación de categorías ontológicas, de los principios epistemológicos y de las estructuras conceptuales. Al mismo tiempo tendría un impacto en los procedimientos que utilizan los estudiantes para afrontar los problemas y que ellos, los alumnos, adopten actitudes diferentes con respecto al aprendizaje, la ciencia y el conocimiento científico. Figura 3.5.

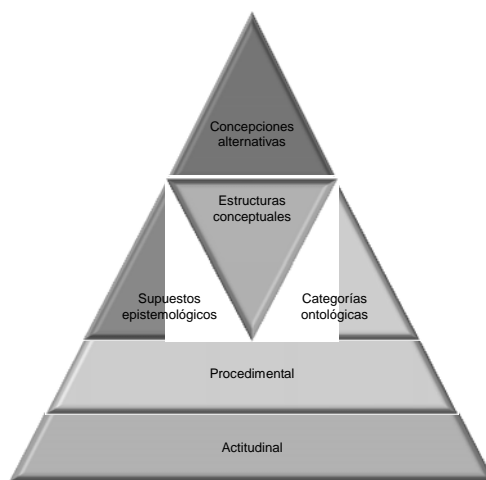


Figura 3.5. Dimensiones del cambio conceptual. Construcción propia.

3.3.2. Las hipótesis sobre el cambio conceptual

Con la finalidad de situar la concepción de cambio conceptual que se maneja en el trabajo, el cual sustenta el diseño de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, es oportuno esbozar las diferentes hipótesis sobre la relación que guardan las CA y las CC y su impacto en la concepción de cambio. Las hipótesis se resumen en la Tabla 3.4.

Pozo y Gómez Crespo (1998) reconocen cuatro hipótesis las cuales se describen a continuación:

Hipótesis de compatibilidad o acumulación de saberes. Desde esta concepción las CA y las CC son compatibles y por lo tanto tienen la misma naturaleza, de aquí, que el cambio conceptual se vea limitado a una tarea de enriquecimiento y acumulación. En un sentido estricto el cambio conceptual no

sería necesario, lo que implicaría, en el aula, actividades diseñadas al incremento y mejora de los saberes, en otras palabras la transmisión de conocimientos ya elaborados.

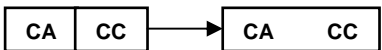
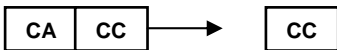
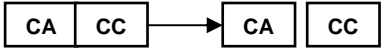
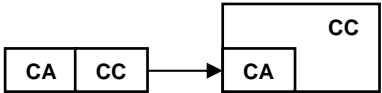
Hipótesis de incompatibilidad o cambio de conceptos. Desde esta hipótesis se sugiere que las CA y las CC son totalmente opuestas, tanto en contenido como en la manera en que se originan. Las CA, por tanto, deben ser sustituidas por otra concepción mejor y más próxima a la concepción ofrecida por la ciencia. Las estrategias de conflicto cognitivo han sido las más utilizadas para lograr el cambio conceptual. La propuesta más reconocida es la de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) la cual consiste en crear insatisfacción de las CA en los estudiantes y presentar una nueva concepción que sea inteligible, plausible y fructífera.

Hipótesis de la independencia o el uso según el contexto. Desde esta perspectiva se mantiene que las CA y las CC coexisten en un mismo sujeto, el cual puede activarlas y desactivarlas de acuerdo al contexto, en un momento determinado o según se demande. En ese sentido, el objetivo de la educación no sería extinguir las CA sino separarlas del conocimiento científico, es decir que los alumnos aprendieran a utilizarlas en contextos muy específicos.

La hipótesis de la integración jerárquica o los diferentes niveles de la representación y conocimiento. Según esta hipótesis, sobre la cual se sustentó este trabajo, las CA y las CC tendrán que conectarse mediante procesos de reflexión, donde se analicen las diferencias entre ambas teorías. El cambio conceptual se entendería como una reestructuración donde coexisten ambas concepciones pero con niveles jerárquicos diferentes y donde se es conciente del mayor valor explicativo de las CC.

De esta manera las CA no son eliminadas y siguen siendo efectivas en un contexto cotidiano, pero el sujeto entiende que los modelos científicos las acogen ya que tienen mayor capacidad de integración, una estructura conceptual más compleja y un mayor poder de explicación.

Tabla 3.4. Hipótesis sobre el cambio conceptual. Construcción propia.

Hipótesis de de compatibilidad o acumulación de saberes		Mejora de las concepciones alternativas
Hipótesis de incompatibilidad o cambio de conceptos		Sustitución total de la concepción alternativa por la científica
Hipótesis de independencia o el uso según el contexto		Las dos concepciones existen una ajena de la otra
Hipótesis de integración jerárquica o los diferentes niveles de representación y conocimiento		Las concepciones alternativas no son eliminadas pero se es consciente que las científicas tienen mayor jerarquía y poder explicativo

3.3.3. Implicaciones en el aula

Existe un vínculo ontológico entre enseñar y aprender (Saint-Onge, 1997), dependiendo del sentido que le demos a uno es el sentido que tendrá el otro, de aquí, si enseñar se refiere a transmitir, aprender está subordinado al mero acto memorístico.

Si por el contrario se entiende la enseñanza como un acto de reestructuración, el aprendizaje cambia de memorístico a significativo. Este último implica un cambio duradero y transferible a nuevas situaciones como consecuencia directa de la práctica realizada (Pozo, 1999). De esta manera, la enseñanza, y por lo tanto, el papel del docente toma una magnitud descomunal, la cual debe ser asumida.

Como se analizó, las CA de los estudiantes normalmente están muy arraigadas y en general no coinciden o contrastan con la noción científica (Duit, 2002 y Pashley, 1994). Por ello han sido consideradas como obstáculos en el aprendizaje de la ciencia. Sin embargo en la actualidad se les reconoce como el punto de partida para el diseño de las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Algunos investigadores (Smith, Blakeslee y Anderson, 1993 y Mikkilä-Erdman, 2001) han observado que cuando los profesores diseñan estrategias y recursos concientes de las concepciones alternativas de sus estudiantes y las utilizan para su contrastación con las concepciones científicas, obtienen resultados en la reestructuración del conocimiento.

Sin embargo, con frecuencia, los profesores de los distintos niveles educativos no poseen los elementos necesarios para llevar a cabo su labor, ya que si bien conocen y comprenden la materia a impartir, la propia formación (en un área específica) no aporta las herramientas suficientes para organizar los conocimientos que faciliten el aprendizaje. Por tanto la enseñanza se ve limitada a la práctica magistral, que si bien puede ser útil en algunos temas, nos regresa, sin duda, a pensar en la enseñanza como la acción de exponer, explicar o enunciar. Como consecuencia reduce al aprendizaje a una actividad pasiva donde el alumno retiene una corriente informativa.

Por lo anterior, tal y como lo señala Díaz-Barriga y Hernández (2002) los profesores mantienen la idea de que enseñar es fácil, cuestión de personalidad, de sentido común o de encontrar la receta adecuada y son poco consistentes en la necesidad de un buen conocimiento de cómo se aprende.

En nuestra realidad, la actuación del profesor, en el proceso de enseñanza aprendizaje, no puede ser reducida a las horas frente al grupo ni al mero conocimiento de su área. Es necesario, que el profesor asuma su verdadero papel, el cual consiste en orientar y guiar la actividad constructiva de los alumnos (Díaz-Barriga y Hernández, 2002), a quienes proporcionará una ayuda pedagógica pertinente, la cual debe facilitar la construcción del conocimiento y potencializar el pensamiento formal.

El profesor, desde esta perspectiva, debe ser capaz de planear, diseñar y llevar a la acción, estrategias de enseñanza-aprendizaje donde el conocimiento sea reestructurado y negociado en contextos sociales, en respuesta a problemas que surgen de los modelos existentes. En otras palabras es el profesor quien debe ser capaz de identificar las CA que portan sus estudiantes. Debe diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje que promuevan la explicitación y toma de conciencia de las CA, y favorecer la contrastación de las CA con las CC (Smith y Good, 1984, Banet y Nuñez, 1997 y Brown, 1990) a fin de lograr el tan anhelado cambio conceptual.

4. JUSTIFICACIÓN

En el mundo moderno, en la economía y en la sociedad crece día a día la necesidad de una enseñanza de calidad. El futuro del país en los diferentes ámbitos (social, político, económico, ecológico, etc.) depende en gran medida de los conocimientos que porta cada ciudadano. En otras palabras a medida que los conocimientos se estructuran, las personas tienen un poder de decisión sustentado y esta decisión probablemente tendrá un mayor y mejor impacto para la solución de problemas sociales.

En la actualidad, nos encontramos con que cada día se generan conocimientos importantes de la ciencia, los cuales repercuten directamente en los avances tecnológicos y por lo tanto en la vida de todo ciudadano. Crece, pues, la importancia del alfabetismo científico.

Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver (1998) argumentan la necesidad de incrementar este alfabetismo desde diferentes perspectivas:

- Desde el punto de vista económico se dice que las sociedades modernas necesitan fuerza de trabajo con conocimiento científico y tecnológico para mantener su competencia.
- Desde la óptica de la utilidad, los sujetos precisan de conocimiento básico de la ciencia y la tecnología para funcionar efectivamente como individuos y consumidores capaces de aplicar de una forma práctica los conocimientos científicos que les son útiles.
- Desde la perspectiva cultural se argumenta que la ciencia es un gran logro del ser humano y de la sociedad moderna, siendo ésta su mayor contribución a nuestra cultura.
- La democracia por su parte, defiende la idea de que los ciudadanos necesitan ser capaces de tener una visión informada sobre los temas de ciencia, conocer su impacto y limitantes, para participar en discusiones y toma de decisiones. En todas las sociedades modernas deben tomarse medidas acerca de cuestiones científicas, tales como la forma en que debe generarse y utilizarse la

energía, cómo debemos deshacernos de los residuos, cómo debe maximizarse la salubridad de los alimentos, cómo y cuándo puede haber manipulación genética.

- Y quizás un punto relevante sería su impacto en la potenciación de las dimensiones humanas es decir como desde la particularidad de la ciencia se puede fomentar el desarrollo de habilidades motrices y cognitivas, la reestructuración de las actitudes y el replanteamiento de valores. Además del desarrollo psicológico, emocional, social, político y sexual.

Según el Programa Nacional de Educación (2006-2012), el plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (1996) y de manera particular los programas ajustados de biología (2003 y 2004) el objetivo de la educación media superior es la cultura básica o formación integral de los estudiantes. Esta cultura básica se define no sólo como la ganancia de conocimientos en las materias básicas (matemáticas, método experimental, análisis histórico-social, lectura y redacción) sino también la adquisición de destrezas y actitudes, además de considerar el desarrollo psicosocial, que permitan, a los alumnos, construir con éxito su futuro, ya sea que decidan incorporarse al mundo del trabajo o seguir con su preparación académica realizando estudios superiores.

Pero si considera que para muchos representa el último momento de acercamiento a las ciencias, ya sea porque después del bachillerato se incorporen a la planta productiva o bien estudien una carrera no relacionada directamente con el quehacer científico, es importante en este nivel, fomentar esa cultura básica.

En el caso particular de la biología Mayr (1996) señala que los ciudadanos debe estar familiarizados con los conceptos biológicos básicos: evolución, biodiversidad, reproducción, desarrollo, metabolismo, genética. La sobrepoblación, la destrucción del ambiente y la mala calidad de vida de los ciudadanos no se puede resolver sólo con adelantos técnicos, ni por medio de la literatura, ni la historia, sino en conjunto con medidas basadas en el conocimiento de las raíces biológicas de estos problemas.

Esta propuesta pretende responder al objetivo del plan de estudios actual (1996), de manera particular a los objetivos de los programas ajustados de

biología (2003 y 2004) y con ello a los ideales del modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades. Donde se señala una filosofía encaminada hacia objetivos que persiguen el desarrollo integral del educando, su realización en el campo individual y el desempeño satisfactorio como miembro de la sociedad. Ello supone que la educación debe centrar sus intereses en el aspecto formativo y no en la mera transmisión de conocimientos. Además se enfatiza la metodología de aprendizaje, la cual debe girar alrededor de la filosofía activa, asigna al alumno el papel protagónico en la búsqueda del conocimiento y sitúa al maestro como guía y orientador hacia el fin (Bartolucci y Rodríguez, 1983).

El propósito no es diseñar una serie de estrategias como modelo estático para la enseñanza de la genética. Sino mostrar que si éstas se plantean tomando en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes y el cambio conceptual entendido como una reestructuración jerárquica, pueden tener un impacto en la construcción del conocimiento genético y verse reflejados en la formación del individuo.

5. OBJETIVO GENERAL

1. Diseñar estrategias de aprendizaje, a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes, que permitan el aprendizaje significativo en el tema de naturaleza de la diversidad genética.

5.1. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Identificar cuáles son las concepciones alternativas de los estudiantes de bachillerato en genética en general.
2. Diseñar y aplicar estrategias de contrastación de modelos para la enseñanza de la naturaleza de la diversidad genética.
3. Validar la propuesta de aprendizaje a partir del uso de diversas tareas que permiten explorar las ideas, comprensión y aplicación conceptual más que la memorización.

6. HIPÓTESIS

La instrucción basada en estrategias de contrastación de modelos fomentará el aprendizaje significativo en los alumnos en el bachillerato, el cual se verá reflejado en la reestructuración de su conocimiento en genética

7. DISEÑO INSTRUCCIONAL

Para el diseño instruccional se desarrollaron estrategias donde se consideraron una serie de elementos que se describen a continuación y se resumen en la Figura 7.1.

Las estrategias permitieron retomar las CA durante la instrucción a fin de contrastarlas con los modelos científicos, y con base en ellas reestructurar la organización conceptual del alumno.

Las estrategias se basaron en el enfoque constructivista. Siendo el aprendizaje un proceso activo de construcción de conocimiento nuevo basado en el ya existente. Cada estrategia, permitió la recuperación de las concepciones de los estudiantes, para tomarlas en consideración durante el inicio, desarrollo y cierre de cada sesión. El aprendizaje, desde esta perspectiva, es un proceso integrado en el que las actitudes, procedimientos y conceptos se aprenden conjuntamente, e implica un cambio en las concepciones del estudiante el cual se logra a partir de la contrastación de sus modelos explicativos con los modelos científicos. Las estrategias retomaron este punto al presentar, de forma variada, modelos de conflicto cognitivo, integración, generalización, inducción y analogías, que permitieron reestructurar los conocimientos del alumno.

Las estrategias fueron diseñadas para fomentar el diálogo en el aula como medio para compartir los aprendizajes, reflexiones, comparaciones y la contrastación. Se consideró el aprendizaje en un contexto social, donde los integrantes del grupo cooperan para el desarrollo, argumentación y conclusión de las diversas tareas, ponen en práctica algunas habilidades o procedimientos (observación, análisis, formulación de hipótesis, interpretación de datos, establecimiento de conclusiones, expresión oral y escrita), actitudes (disponibilidad al trabajo, actitud inquisitiva, cooperación) y valores (respeto, tolerancia, reconocimiento) característicos de la ciencia.

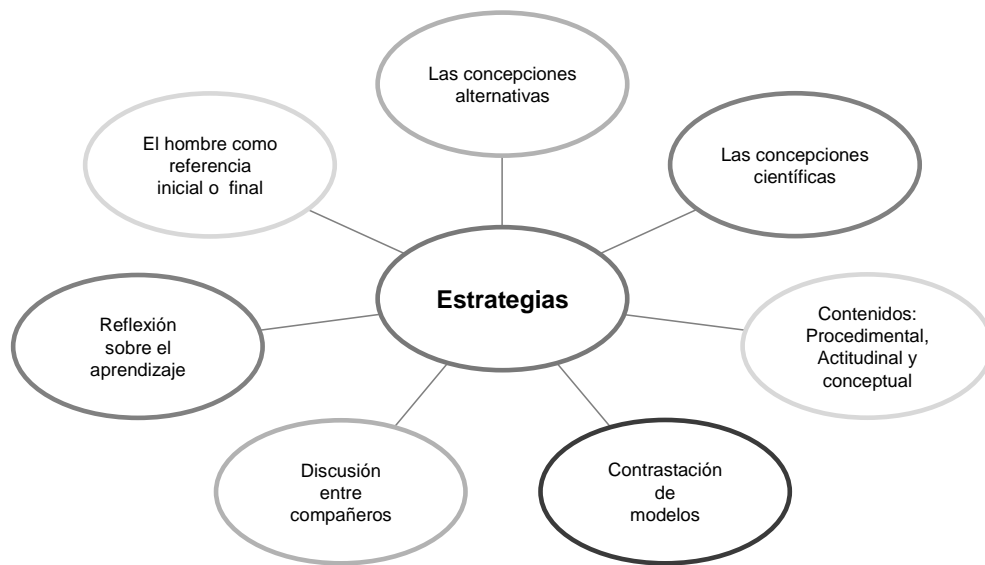


Figura 7.1. Elementos considerados para el diseño de las estrategias. Construcción propia.

En cada sesión se enfatizó el reconocimiento de lo aprendido por cada alumno ya que son ellos corresponsables de su propio aprendizaje.

Las estrategias, además, consideraron como referencia inicial o final al ser humano, con el fin de despertar interés en los alumnos por los contenidos de genética, haciendo más significativos los conceptos.

A continuación se describen, de manera general (Tabla 7. 1), los momentos en que se desarrolló la instrucción, sus fines y sus productos. Después de señalar de manera específica la ejecución en cada sesión.

7.1. Esquema general

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista.

En esta fase se revelaron las concepciones alternativas (CA) del alumno con respecto a los contenidos a desarrollar. Para tal objetivo se utilizaron las preguntas de final abierto, la lluvia de ideas, la representación gráfica y la elaboración de predicciones.

La indagación de las CA ayudó a los alumnos hacerse conscientes del conocimiento que portan y con ello generaron un objetivo. El objetivo surgió como

una necesidad al no tener elementos suficientes para explicar un fenómeno y creó expectativas en el alumno, además dirigió y orientó sobre los contenidos a desarrollar.

Fase de reestructuración de conocimientos.

Uno de los objetivos de esta fase fue identificar e intercambiar las ideas de los alumnos para la solución de diversas tareas, las cuales permitieron contrastar el modelo de los alumnos con el ofrecido por la ciencia. Es en este momento cuando los alumnos deben tomar conciencia de sus CA y la relación que guardan con los modelos que ofrece la ciencia para la explicación de los fenómenos genéticos.

Para esta fase se utilizaron las analogías, el conflicto cognitivo, la generalización a partir de inducción, la descripción y análisis de diapositivas, la redacción de historias, la observación directa a través del trabajo práctico de laboratorio y campo, así como el uso de mapas conceptuales.

Es en esta fase donde se concibió la construcción de nuevos conocimientos a través de la reestructuración de las concepciones iniciales.

Fase de consolidación y recapitulación.

Aquí se evaluó el logro del objetivo planteado en la primera fase, a través de la discusión dirigida; la aplicación del conocimiento en otros contextos, con la descripción de ejemplos y la guía en la elaboración de las conclusiones donde se enfatizó en las concepciones que tenían al iniciar la sesión y la reestructuración de las mismas.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Esta fase, aunque muy breve, consideró un elemento importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la toma de conciencia, por parte del alumno, sobre el conocimiento que se estaba adquiriendo. Unas veces de manera verbal y otras de manera escrita se discutió la siguiente pregunta ¿Qué aprendí de nuevo?

Tabla 7.1. Secuencia general del proceso de enseñanza aprendizaje para cada sesión.

Fase	Objetivos	Actividades
<i>Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista</i>	Exploración de las CA Planteamiento del objetivo de la sesión	Resumen de la sesión anterior Lluvia de ideas sobre el tema a tratar Preguntas de final abierto Representaciones gráficas
<i>Fase de reestructuración de conocimientos</i>	Contrastar el modelo de los alumnos con el modelo científico	Presentación de una serie de tareas para generar la contrastación de modelos Trabajo en equipo Prácticas de laboratorio y campo Presentación de resultados y conclusión de manera escrita y oral
<i>Fase de consolidación y recapitulación.</i>	Evaluación del logro del objetivo planteado. Aplicación del conocimiento a otros ejemplos	Resumen de la actividad Reflexión sobre el logro del objetivo Explicación del profesor Presentación de otros ejemplo o contextos de aplicación
<i>Fase de reflexión sobre el conocimiento.</i>	Hacer conciente al alumno del aprendizaje adquirido	Expresión escrita y oral de la pregunta: ¿Qué aprendí de nuevo?

Del desarrollo de cada tema se desprendió la elaboración de un escrito, por parte del alumno, el cual se conformó de los siguientes elementos: *Tema, Objetivo, Desarrollo, Conclusión, ¿Qué aprendí de nuevo?* El escrito fue entregado al terminar la sesión. El escrito favoreció, no sólo el desarrollo de los contenidos conceptuales, si no también el ejercicio de habilidades como la descripción, el análisis, la conceptualización y la expresión escrita, además fue un elemento de reflexión y reguló la actividad docente.

7.2. Sesiones particulares

La tabla 7.2 señala los contenidos a tratar en cada sesión y los recursos utilizados. Estos últimos se pueden consultar en el Anexo 2.

Tabla 7.2. Secuencia de contenidos en el diseño instruccional.

Sesión	Contenido(s)	Recurso(s)
	Presentación	Programa de estudios
1	Célula, cromosoma, gen y ADN	1. Contextualizando a la célula 2. Relación entre conceptos genéticos 3. Analogía genética 4. Modelo de ADN
2	Síntesis de proteínas	5. El mensaje oculto 6. Como se hacen las proteínas
3	Replicación	7. Historia de una copia 8. Modelo de replicación del ADN
4 y 5	Papel del material genético en la diversidad biológica	9. Explosión de vida 10. Los animales 11. Estableciendo relaciones
6	Variabilidad	12. Variabilidad humana 13. Variabilidad canina
7	Variabilidad (Actividad práctica)	14. Las moscas
8	Ecosistemas	Visita al jardín botánico de Ciudad Universitaria
9	La diferencia genética en células de un individuo I	15. Cultivando zanahorias 16. Dolly. La oveja famosa
10	La diferencia genética en células de un individuo II	17. Pasando los genes

PRESENTACIÓN

Durante esta sesión se realizó la presentación del curso, incluido el programa de estudios de Biología IV y el cronograma de actividades para 7 semanas. En este último se indicó la forma de trabajo de manera general: el trabajo en equipos móviles para el desarrollo de distintas tareas. Se indicaron las formas de evaluación: el portafolio como un instrumento que recapitula el trabajo diario, la observación directa de participación, así como diversas tareas de integración de conceptos.

Antes de terminar la sesión se pidió a los estudiantes, que dibujaran su cuerpo y localizaran por lo menos diez tipos de células. Esto se realizó con la finalidad de activar las concepciones que mantienen los estudiantes sobre las células, su localización y la relación con los cromosomas, genes y ADN.

Se eligieron tres de las representaciones de los alumnos y con ellas se elaboró un acetato, mismo que sirvió en la siguiente sesión durante la fase de explicitación de los modelos de los alumnos.

SESIÓN 1

Célula, Cromosoma, Gen y ADN.

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

La sesión comenzó con la pregunta: ¿Dónde están las células? la finalidad era conocer las ideas de los alumnos sobre la localización de éstas en su cuerpo, para de aquí, partir al reconocimiento de los distintos niveles de organización: organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN.

Con la finalidad de que los estudiantes se reconocieran como sujetos biológicos conformados por células, se presentó el acetato elaborado a partir de tres de sus representaciones, donde señalaron las células que conforman su cuerpo (Recurso 1. Anexo 2).

El acetato se utilizó para inducir a los alumnos, a través de preguntas de final abierto, hacia la generalización: “todos los seres vivos están constituidos por células y sus productos celulares”.

Se pidió a los estudiantes, relataran si alguna vez habían observado células y cuáles de sus organelos pudieron identificar. Su respuesta más común fue que sólo observaron las paredes de las células, el núcleo y los cloroplastos.

De aquí, se cuestionó sobre el contenido del núcleo para hacer explícitas las concepciones de los alumnos sobre cromosoma, gen y ADN.

A partir de sus respuestas se solicitó a los integrantes del grupo que elaboraran el objetivo de la clase: *Conocer las diferencias entre cromosoma, gen y ADN*, éste permitió ubicar al estudiante en el desarrollo de la actividad.

Fase de reestructuración de conocimientos.

Se formaron, al azar, 6 equipos de 4 a 5 integrantes, los cuales cambiaron en cada sesión, esto permitió la integración del grupo y propició un ambiente favorable para el trabajo en el salón de clase, observado en el transcurso de la fase de instrucción.

A cada equipo se pidió la observación, descripción y análisis de dos acetatos:

1. El primero presentó de manera explícita la relación entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN (Recurso 2. Anexo 2).
2. El segundo ofreció una analogía entre cromosoma, gen y nucleótidos con libro, párrafo y letras, respectivamente (Recurso 3. Anexo 2).

Dos de los equipos pasaron a exponer el primer acetato y dos el segundo; los otros escucharon y criticaron su explicación. Dado que las representaciones sólo trataban de células eucariontes se pidió que elaboraran un esquema parecido para las células procariontes, el cual fue explicado por los dos últimos equipos.

Durante el período de trabajo en equipo, el profesor pasó de mesa en mesa a observar el desarrollo de la actividad y a guiar, cuando el caso lo requirió, a los integrantes para alcanzar el objetivo.

Fase de consolidación y recapitulación

El profesor explicó dos acetatos (Recurso 4. Anexo 2), sobre el modelo de ADN, solicitando la ayuda de los alumnos a través de preguntas directas.

Para la integración grupal se resaltaron los conceptos aprendidos, para la conclusión se solicitaron a los alumnos los conceptos generados a través de la actividad.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Finalmente se discutió, de manera grupal, la pregunta ¿Qué aprendí de nuevo?, donde se consideraron los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

SESIÓN 2

Síntesis de proteínas

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Para iniciar la sesión se comenzó con una recapitulación del trabajo de la clase anterior, la finalidad era resaltar los conceptos aprendidos (cromosoma, gen, ADN) y su relación con la síntesis de proteínas.

Aunque el tema no aparece en esta parte del programa se consideró su estudio a fin de contextualizar los conceptos anteriores en un proceso. Para propiciar el cambio conceptual es necesario estructurar las categorías ontológicas del alumno, es decir, llevarlo de una concepción de gen como partícula a gen como un programa o proceso genético, el cual no sólo se encuentra ubicado en los cromosomas y constituido por ADN, sino como portador de la información genética, para la producción de proteínas, que con la interacción del medio, dan las características fenotípicas de los organismos.

Se cuestionó a los estudiantes para exteriorizar su saber del proceso de formación de proteínas a fin de familiarizarlos con sus CA. A partir de sus respuestas se les invitó a proponer el objetivo: *Elaborar una explicación que permita comprender el proceso de síntesis de proteínas y su relación con los conceptos cromosoma, gen y ADN*, el objetivo les permitió, a los alumnos, reconocer las carencias de las CA y sirvió como guía de la actividad.

Fase de reestructuración de conocimientos.

Se formaron, al azar, 6 equipos de 4 a 5 estudiantes. A cada equipo se le entregó una tarea, que consistía en una serie de instrucciones las cuales debían ser seguidas al pie de la letra para descifrar 4 mensajes ocultos, con ayuda de un código alfabético, parecido al código genético (Recurso 5. Anexo 2). Los mensajes consistían en 4 oraciones imperativas para hacer representaciones gráficas de diversos objetos.

Una vez que los alumnos transcribieron y tradujeron los mensajes, se invitó a la reflexión sobre la tarea, para abordar y reestructurar, a través de esta

analogía, el significado de la síntesis de proteína. Por tal motivo se señalaron en el pizarrón los pasos para descifrar los mensajes y se pidió, que con base en el ejercicio, se describieran detalladamente dos acetatos, el primero representaba el proceso de síntesis de proteínas y relacionaba los conceptos de cromosoma gen y ADN, el otro era el código genético (Recurso 6. Anexo 2).

Durante el desarrollo de las actividades el profesor recorrió mesa por mesa supervisando el progreso de la tarea y apoyando a los alumnos con dificultades.

Fase de consolidación y recapitulación

Una vez que los alumnos completaron la descripción y análisis de los acetatos se pidió a un equipo que presentara su explicación, el resto del grupo criticó y complementó el análisis a fin de llegar a una mejor comprensión del proceso.

Para invitar a la reflexión sobre la importancia del proceso y cuestionar la relación genes-proteínas se hicieron preguntas directas. Tanto el profesor como los alumnos dieron ejemplos de proteínas y sus funciones.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Se invitó a reflexionar sobre el logro del objetivo.

Para hacer concientes a los alumnos de la reestructuración del conocimiento se cuestionó al grupo sobre los aprendizajes adquiridos.

SESIÓN 3

Replicación

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Al comenzar la sesión se pidió a los alumnos hicieran una recapitulación de los aprendizajes alcanzados hasta ese momento, con la finalidad de conectar los conceptos de cromosoma, gen, ADN y síntesis de proteínas al nuevo tema.

El tema de replicación, al igual, que síntesis de proteínas, no se encuentra incluido en esta parte del programa, sin embargo consideramos que los conceptos genéticos generales no pueden ser trabajados de manera aislada, deben integrarse a procesos, de tal manera que el alumno no sólo los comprenda como características de los organismos vivos, sino que además los relacione con los procesos que dan continuidad a la vida.

Con el objetivo de conocer las CA de los estudiantes sobre el tema de replicación y vislumbrar los problemas más comunes en la comprensión del tema, se hicieron una serie de preguntas abiertas: ¿Qué se entiende por replicación?, ¿Dónde ocurre este proceso?, ¿Cómo se realiza el proceso? ¿Qué relación tiene con los conceptos de: cromosoma, gen y ADN?. Las respuestas fueron escritas en el pizarrón para considerarlas en la fase de reflexión sobre el conocimiento.

Se invitó a los alumnos a que formularan el objetivo de la clase: *Reconocer el proceso de replicación y su relevancia con la continuidad de la vida.*

Fase de reestructuración de conocimientos.

Se formaron 6 equipos de 4 a 5 integrantes, los cuales colaboraron para el armado de un rompecabezas que representaba, a manera de un comic tomado de Hoagland y Dodson. (1998), la replicación (Recurso 7. Anexo 2).

Para encontrar la secuencia del rompecabezas, se analizó, de manera grupal, el papel de los personajes (enzimas) y se pidió a los alumnos que por equipo observaran y analizaran cada una de las 15 piezas del rompecabezas,

Una vez decidida la secuencia de las piezas se solicitó la redacción de una historia que permitiera contar el proceso de replicación, involucrando todos los elementos del mismo, se invitó, a los alumnos, echar mano de toda su creatividad para el desarrollo de la historia. Se sugirió utilizaran o bien el nombre de los personajes o el nombre de las enzimas, pero no la mezcla de ambos en la misma historia.

El profesor supervisó y guió la actividad de cada equipo, apoyando a aquellos alumnos que lo solicitaron o donde consideró oportuna una mayor intervención.

Fase de consolidación y recapitulación

Cuando todas las historias fueron concluidas, se invitó a cada uno de los equipos a contarlas, el resto del grupo escuchó, analizó, e hizo la crítica, de manera oral, al trabajo del equipo presentador; el profesor dio sus comentarios e hizo aclaraciones cuando fue necesario. La presentación del trabajo permitió observar la comprensión acerca del proceso de replicación, la expresión escrita y oral de los alumnos y el nivel de análisis de las representaciones gráficas.

El profesor presentó un acetato con el modelo de replicación formal y explicó el proceso a manera de resumen (Recurso 8. Anexo 2).

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Se solicitó a los alumnos regresaran a las respuestas de las preguntas iniciales y vieran el avance en su comprensión del tema, lo anterior se discutió de manera grupal.

Finalmente se pidió señalaran por escrito lo aprendido en la sesión.

SESIONES 4 y 5

Papel del material genético en la diversidad biológica

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

El tema se escribió en el pizarrón y se preguntó, a los alumnos, de qué se les ocurría iba a tratar esa sesión. Lo anterior generó una lluvia de ideas; el análisis de ésta llevó a los estudiantes a construir el objetivo: *Identificar la relación que existe entre la diversidad biológica y los conceptos genéticos*. El objetivo formulado guió la actividad durante dos sesiones.

A través de la observación y análisis de un esquema sobre diversidad biológica se indujo la formulación del concepto, el cual es indispensable para establecer las relaciones entre el mismo y la genética (Recurso 9. Anexo 2).

A cada equipo (seis equipos de 4 a 5 integrantes) se proporcionó un conjunto de 11 fotografías (Recurso 10. Anexo 2) de diversos animales (gorila, conejo, humano, caballo, gallo, orangután, tiburón, tortuga, chimpancé, delfín y puerco), como ejemplos de la diversidad biológica. Las fotografías se analizaron de manera grupal a fin de que los integrantes del grupo identificaran a los organismos.

Para explicitar las concepciones alternativas presentes en la estructura conceptual del estudiante, se solicitó, por equipo, formaran grupos con los 11 animales y señalaran para cada grupo los criterios que utilizaron para dicha clasificación

Con la finalidad de que el alumno se hiciera conciente de las CA que utilizó para la categorización, cada equipo presentó su clasificación y justificación, mientras el profesor señaló en el pizarrón los criterios más utilizados para resolver la tarea: morfológicos, reproductivos, uso, antropocéntricos. Así mismo, se cuestionó sobre la pertinencia de utilizar cada criterio.

Fase de reestructuración de conocimientos.

En la segunda sesión se pidió a los alumnos que hicieran una recapitulación de la clase anterior con el fin de recordar el tema, el objetivo y la actividad. Una de

las agrupaciones y criterios de clasificación de un equipo se retomó para cuestionar a los alumnos si existía alguna otra manera de clasificar a los organismos.

La mayoría mencionó los mismos criterios que utilizaron y sólo un par de alumnos comentaron que quizás a través de los genes. A partir de esta respuesta, se recordó y bosquejó la síntesis de proteínas con la finalidad de inducir al alumno hacia la comparación de secuencias de nucleótidos en un gen o secuencias de aminoácidos de una proteína.

Luego, en un acetato, se presentó a la mioglobina, sus características y funciones. Se hizo una demostración teórica de la obtención de secuencias, de aminoácidos de la proteína en los 11 animales, por Internet, así como la manera de alinearlas a través del programa llamado ClustalX. En seguida se facilitó, por alumno, las secuencias alineadas (Recurso 11. Anexo 2).

Los alumnos compararon la secuencia de la mioglobina del hombre con la secuencias de los otros animales, anotando el número de aminoácidos diferentes. Con base en las diferencias, se les solicitó a los alumnos establecer nuevas agrupaciones considerando ahora las pruebas moleculares.

Los alumnos señalaron en el pizarrón las nuevas agrupaciones a partir de las diferencias moleculares, éstas fueron contrastadas con las primeras clasificaciones, lo cual generó la discusión grupal.

Fase de consolidación y recapitulación

El profesor presentó una serie de acetatos donde se demostró (teóricamente) el procedimiento para hacer árboles de filogenéticos, con ayuda del programa Phylip y el editor de árboles Treeview (Recurso 11. Anexo 2); lo anterior permitió recapitular la actividad y resaltar los aprendizajes.

Para concluir, el profesor regresó al objetivo y generó la discusión grupal acerca de la relación entre la diversidad biológica y el material genético. Como actividad complementaria, los alumnos redactaran un escrito, de dos cuartillas,

sobre la relación de la diversidad biológica, los genes y las proteínas. El escrito se entregó una sesión después.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

De manera individual los alumnos reflexionaron sobre lo aprendido en las dos sesiones.

Nota: El profesor solicitó fotos de los integrantes de la familia de cada estudiante para la siguiente sesión.

SESIÓN 6

Variabilidad

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Al comenzar la sesión, los alumnos entregaron su escrito sobre la relación entre diversidad biológica, genes y proteínas. Al azar, se seleccionaron tres trabajos, los cuales se leyeron y discutieron en el grupo. El profesor hizo las aclaraciones pertinentes o cuestionó a los alumnos cuando aparecía alguna CA en el trabajo.

Lo anterior se utilizó para introducir las siguientes preguntas: ¿Qué es la especie? ¿Qué es una población? ¿Hay diversidad dentro de una población?, cuyas respuestas manifestaron sus concepciones sobre los conceptos de especie, población y variabilidad.

A través de las diversas ideas que se expresaron en el salón, se invitó a un estudiante a formular el objetivo de la sesión *Reconocer las características de la especie y población*, entre ellas la variabilidad. El objetivo determinó en gran medida el curso de la clase.

Fase de reestructuración de conocimientos.

El profesor proyectó un acetato (Recurso 12. Anexo 2), donde se representa la especie humana, caracterizada por las diferentes poblaciones alrededor del mundo. Se invitó a los alumnos, de manera grupal, a observar y describir el acetato. El profesor facilitó la actividad dirigiendo preguntas sobre la representación. Luego se dirigió a los alumnos, hacia el establecimiento de una serie de generalizaciones; todo esto con la finalidad de formular el concepto de especie biológica.

El docente formó 6 equipos de 4 a 5 estudiantes, a los cuales les indicó que sacaran las fotos de sus familiares y considerando que todos los individuos representaban una población, observaran, describieran y analizaran sus características para formular un concepto. En esta actividad el docente pasó a cada equipo y guió la observación y análisis de las fotos con preguntas abiertas

como: Si ésta es una población ¿Qué observan? ¿Cuáles son las características de una población? ¿Cuál es la diferencia entre este individuo y este otro? ¿A qué le atribuyen las diferencias? ¿Qué pueden generalizar?

Los alumnos expresaron de manera oral el análisis realizado y el concepto construido a partir de la actividad. El profesor enfatizó la variabilidad como una característica importante de las poblaciones e invitó al grupo a formular su concepto de variabilidad.

Fase de consolidación y recapitulación

Un alumno hizo un breve recuento de la actividad y de los conceptos establecidos en el consenso grupal.

Para extrapolar el conocimiento a otras especies, se preguntó a los alumnos si conocían algún otro ejemplo donde se presentara la variabilidad. Las respuestas más frecuentes incluyeron a los organismos domésticos. El profesor mostró en un acetato una representación de la variabilidad en perros (Recurso 13. Anexo 2) (tomado de Curtis, 2003).

Finalmente se invitó a un alumno para revisar el logro del objetivo y así visualizar el alcance de las actividades.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Se dio tiempo suficiente para terminar el escrito donde señalaron, de manera individual, los conocimientos reestructurados a partir de la sesión.

SESIÓN 7

Variabilidad (actividad práctica)

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Al iniciar la sesión los integrantes del grupo hicieron un recuento de las actividades anteriores y señalaron los conceptos de especie, población y variabilidad. El profesor mostró los frascos que contenían las moscas de la fruta y preguntó a los alumnos si creían que en aquellos organismos tan pequeños se pudiera encontrar variabilidad.

Los alumnos formularon el objetivo que sirvió como guía y creó expectativas a los alumnos acerca de la actividad: *Observar la variabilidad en una población de moscas de la fruta (Drosophila melanogaster).*

Fase de reestructuración de conocimientos.

Cabe señalar que el profesor contaba con la actividad práctica base (Recurso 14. Anexo 2), sin embargo ésta no fue proporcionada al alumno. El objetivo como orientador y la guía del profesor permitieron, a los alumnos, establecer el material y la metodología que debían emplear para la observación, llevando al estudiante no a seguir una serie de pasos a modo de receta, sino a reflexionar sobre los recursos y seguimiento a utilizar a partir de contestar a las preguntas: ¿Qué material requerimos para observar a las moscas? y ¿Cómo hacer para observarlas?

Una vez establecida la forma de trabajo, se formaron 6 equipos al azar, donde los integrantes colaboraron para el logro de la tarea. Primero, se proporcionó a los alumnos las moscas con las características más comunes en la población (ojos rojos, alas extendidas, cuerpo beige y pelos lacios), las cuales se observaron y describieron; fue posible, además, identificar entre machos y hembras. Después se observaron las variantes de la población (ojos blancos, ojos cafés, alas vestigiales, cuerpo negro y pelos rizados); lo anterior con la finalidad de extrapolar el conocimiento a otros organismos.

A fin de que todos los integrantes pudieran identificar la variabilidad en las moscas se proyectaron varios campos del microscopio en una pantalla de televisión. Los resultados se vertieron en un cuadro.

Fase de consolidación y recapitulación

Los resultados adquiridos a partir de la observación fueron analizados a fin de resignificar el concepto de variabilidad.

El profesor generó la discusión grupal a partir de la pregunta: ¿Cuál es la relación entre el fenotipo de los organismos o características observadas y el genotipo?

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Finalmente se pidió, a los alumnos, señalaran por escrito y de manera oral lo aprendido en la sesión.

SESIÓN 8

Ecosistemas (factores bióticos y abióticos)

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Dado que la biodiversidad incluye a la diversidad biológica, la variabilidad y la diversidad a nivel ecosistemas, se decidió incluir el tema de ecosistemas dentro de la secuencia de instrucción. Esta sesión se realizó en el Jardín Botánico Exterior de la UNAM, fuera de la hora de clase.

Al llegar al Jardín Botánico se explicitaron las CA de los alumnos con una lluvia de ideas sobre el concepto de ecosistema. Los alumnos, al percatarse de la falta de claridad respecto al tema, formularon el objetivo que guiaría la visita: *Definir el término ecosistema a través de su reconocimiento.*

Fase de reestructuración de conocimientos.

El grupo se dividió en dos partes, a fin de facilitar el reconocimiento de los tres ecosistemas (desierto, selva y bosque) representados en el Jardín Botánico. El profesor del grupo guió a un equipo por la zona desértica mientras que un profesor invitado trabajó en la selva con el otro equipo. Una vez ubicados en las respectivas zonas, se pidió a los alumnos hicieran una descripción del ecosistema representado, donde se sugirió utilizaran sus sentidos. Los alumnos expresaron oralmente sus descripciones y a partir de éstas se delimitaron cuáles de esos factores eran los bióticos (seres vivos) y cuales los abióticos (humedad, suelo, temperatura). Luego los profesores intercambiaron los equipos e hicieron las mismas actividades pero ahora resaltando las diferencias entre los factores bióticos y abióticos de las zonas hasta el momento visitadas. Finalmente se reunió a todo el grupo y el profesor del mismo, dirigió la actividad en el bosque.

Una vez que los tres ecosistemas fueron observados y descritos, donde, además se delimitaron para cada uno los factores y sus diferencias, el profesor dio oportunidad para que de manera individual los alumnos elaboraran un concepto de ecosistema y definieran qué es un factor biótico y qué un factor abiótico.

Fase de consolidación y recapitulación

Varios alumnos resumieron la actividad y dieron su opinión sobre la misma. El profesor generó una pequeña discusión en torno al ecosistema con mayor diversidad biológica y cómo ésta podía ser explicada a partir de la interacción de los factores bióticos y abióticos.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

El profesor alentó a los alumnos a evaluar el logro del objetivo y a contestar a la pregunta ¿Qué aprendí de nuevo?, ello con la finalidad de hacerlos concientes sobre el proceso de aprendizaje. En conclusión se reflexionó sobre cómo los sentidos están involucrados en el proceso de conocer y cómo con ayuda de los mismos se reconocieron los factores que constituyen a los ecosistemas.

Nota: Como tarea se solicitó la elaboración de un mapa conceptual sobre la biodiversidad.

SESIÓN 9

La información genética en células de un individuo I

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Al iniciar la sesión tres alumnos mostraron y explicaron su mapa conceptual de biodiversidad. El resto del grupo analizó la relación de conceptos y la estructura del mapa y sugirió a los tres compañeros maneras de reestructurar. Con base en los mapas se conceptualizó el término biodiversidad.

Lo anterior se utilizó como punto de partida para el siguiente tema, ya que el profesor cuestionó a los alumnos acerca de la relación entre la biodiversidad (diversidad ecosistémica, diversidad biológica y variabilidad) y los genes. Luego preguntó si también en un mismo organismo podía existir diversidad a nivel de genes. Las respuestas de los alumnos resaltaron algunas de sus CA, definiendo dos hipótesis: 1) Todas las células en un individuo tienen diferente información y 2) Todas las células en un individuo tienen la misma información.

A partir de las hipótesis generadas se formuló el objetivo de la sesión: *Saber si las células de un individuo portan la misma o diferente información genética.*

Fase de reestructuración de conocimientos.

Para esta fase se formaron, al azar, 6 equipos de 4 a 5 integrantes. A cada equipo se le proporcionó una representación que demandó la predicción, de los alumnos, sobre la clonación vegetal a través de células (hoja, tallo y raíz) localizadas en diferentes regiones de una zanahoria (Recurso 15. Anexo 2). Una vez que los alumnos habían colaborado para el término de la tarea, cada equipo pasó al frente a explicar y argumentar sus predicciones.

Con base en el análisis de las predicciones, de cada equipo, los integrantes del grupo categorizaron los pronósticos en una de las dos hipótesis generadas en la fase de explicitación. Esto con la finalidad de que los estudiantes reconocieran el tipo de CA que guardan sobre la relación de la información genética en las células de un mismo individuo.

Después, el profesor proporcionó una representación de los resultados de la clonación de la zanahoria para confrontar sus predicciones y por tanto sus CA con los resultados científico (Recurso 15. Anexo 2). Lo anterior generó una discusión donde los alumnos, en equipos, reestructuraron sus predicciones y cambiaron su hipótesis.

Fase de consolidación y recapitulación

Con el objetivo de llevar la aplicación del conocimiento a otros contextos, se dio, por equipo, una representación que, de la misma manera, demandó la predicción de la clonación con diferentes células (neurona, célula muscular, célula del hueso y espermatozoide) pero ahora en un organismo animal (oveja) (Recurso 16. Anexo 2).

Las predicciones fueron analizadas de manera grupal y categorizadas en alguna de las dos hipótesis, nuevamente se entregó una representación de los resultados de la clonación animal en un contexto científico. Con base en el análisis de esta última representación se reestructuró la siguiente hipótesis: *Todas las células de un individuo tiene la misma información genética excepto los gametos (óvulos y espermatozoides).*

Una vez que los alumnos llegaron a la conclusión, arriba mencionada, el profesor preguntó cómo era posible que si todas las células tenían la misma información genética presentaran una forma y función diferente. Ello llevó a la explicación de los genes como interruptores.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

De manera oral y escrita los alumnos expresaron los aprendizajes que lograron al final de la sesión.

SESIÓN 10

La información genética en células de un individuo II

Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista

Al inicial la clase se pidió a los estudiantes un resumen de la actividad de la sesión anterior. Un alumno escribió en el pizarrón la conclusión, *Todas las células de un individuo tiene la misma información genética excepto los gametos (óvulos y espermatozoides)*, la cual sirvió como punto de partida al siguiente cuestionamiento: ¿Cuál es la diferencia entre los gametos y las células somáticas (del cuerpo)?

Las respuestas a la pregunta anterior, ayudó que los alumnos tomaran conciencia de las CA que guardan sobre las células sexuales y su relación con la información genética. También, a partir de las CA de los alumnos se formuló el objetivo, el cuál tituló la clase: *Reconocer las diferencias entre células somáticas y sexuales.*

Fase de reestructuración de conocimientos.

Se formaron, al azar, 6 equipos de 4 a 5 estudiantes. A cada equipo se le entregó una representación gráfica, donde se muestran cuatro momentos en el ciclo de vida de dos animales (ñus y ranas). El primer momento representa un macho y una hembra con la dotación de cromosomas y genes en las células somáticas, en el segundo se ve la diferencia del contenido genético en gametos, en el tercero se esquematiza la fecundación y el último representa la formación de un nuevo organismo con la dotación genética en las células somáticas (Recurso 17. Anexo 2).

Los alumnos, analizaron el esquema (tres equipos el de ranas y tres el de ñus) y crearon una historia acerca de la reproducción en estos organismos, el profesor enfatizó en la consideración lo que sucede de manera macroscópica o perceptible y lo que sucede a nivel genético, representado en el esquema. Se sugirió a los alumnos echaran mano de su imaginación y creatividad.

El profesor se mantuvo atento a la estructuración de la historia de cada equipo, resaltó en la apreciación del nivel genético y prestó ayuda cuando fue solicitada o consideró oportuna su intervención.

Cada equipo relató su historia, mientras el grupo la analizó y criticó. El profesor cuestionó cuando apareció alguna CA o no resultaba clara la explicación.

Fase de consolidación y recapitulación

Para finalizar la sesión se invitó a los estudiantes a regresar al objetivo planteado y a partir de éste concluir cuáles son las diferencias entre las células somáticas y los gametos.

Fase de reflexión sobre el conocimiento.

Para hacer concientes a los alumnos del proceso de aprendizaje se solicitó a varios estudiantes que dijeran cuáles eran los conocimientos adquiridos, qué habilidades habían ejercitado y qué actitudes se manifestaron durante la sesión.

8. METODOLOGÍA

8.1. Participantes

La muestra se conformó por dos grupos de 5º semestre, turno matutino, del bachillerato de la UNAM, subsistema ENCCH (semestre donde regularmente se imparte el tema de genética). Los grupos de este bachillerato están constituidos por 25 a 30 alumnos. Las edades oscilaron entre los 16 y 18 años. Uno de los grupos actuó como el control y el otro como grupo experimental. Previo a este periodo de instrucción, los alumnos habían tomado dos cursos de Biología, donde se estudian, en unidades por separado, los siguientes temas: la célula como unidad de los sistemas vivos, los procesos de conservación que incluyen la síntesis de proteínas y replicación, los procesos de reproducción, los mecanismos de herencia y la diversidad de los sistemas vivos. Las características de la muestra se describen a continuación:

Grupo	n	Edad	Proporción de sexos	Promedio en las biología anteriores	Número de materias que adeudan
Experimental	25	16.8	9M 19F*	7.94	1.52
Control matutino	20	17.2	5M 15F*	7.65	2.95

* F= Femenino y M= Masculino

8.2. Procedimiento

El estudio se llevó a cabo, en tres fases. En la *primera fase*, los alumnos resolvieron siete tareas (antes de la instrucción), organizadas en un paquete, el cual se aplicó durante una sesión de 1hr. Las tareas demandaron respuestas escritas y fueron contestadas de manera individual. Con base en las CA de los estudiantes, se diseñaron diferentes estrategias (considerando diversos modelos) basadas en el enfoque constructivista. En la *segunda fase*, se llevó a cabo el periodo de instrucción, con duración de aproximadamente 7 semanas, 4 horas por semana, la cual se realizó en las aulas donde regularmente toman sus sesiones. En la *última fase* se volvieron a aplicar las siete tareas, para el grupo experimental dos meses después del final de la instrucción y para el grupo control al término de la instrucción Figura 8.1.

Para ambos grupos, la instrucción tuvo lugar dentro del programa de biología III en la unidad didáctica II titulada: ¿Por qué se considera a la variación genética como la base de la biodiversidad? Dentro de esta unidad se trata el tema: *Naturaleza de la diversidad genética*.

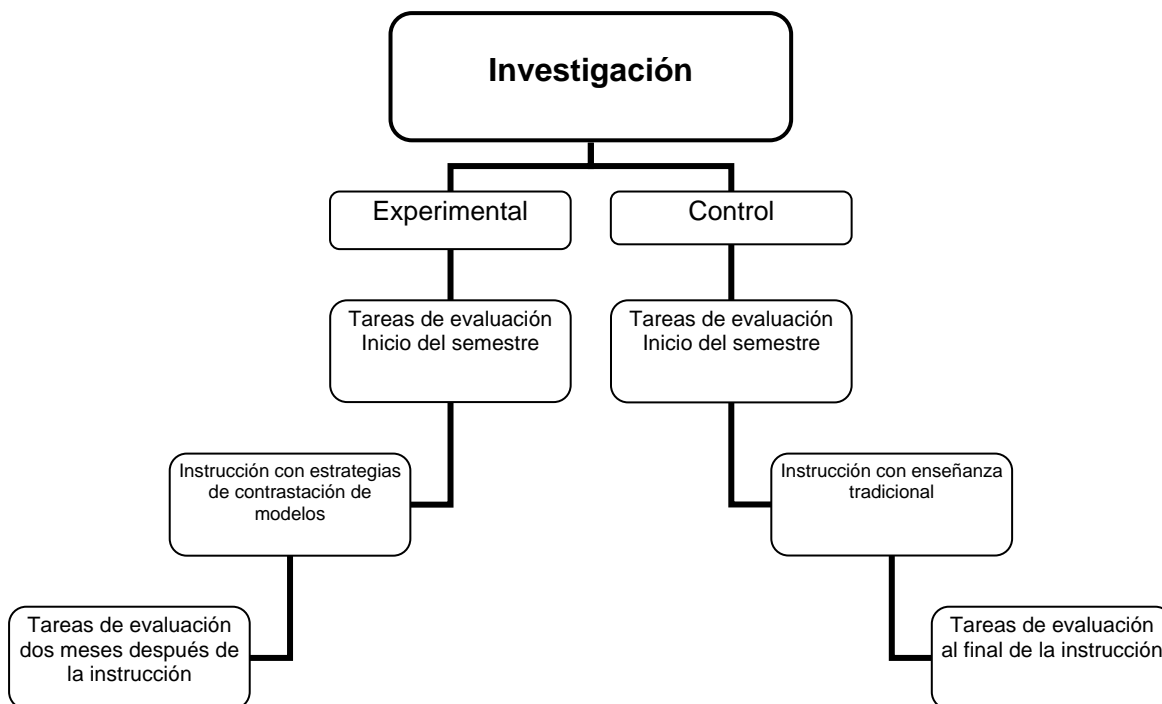


Figura 8.1. Grupos involucrados y fases de investigación.

Grupo experimental. La instrucción se caracterizó por utilizar una serie de estrategias, diseñadas a partir del enfoque constructivista, considerando las CA de los estudiantes. Las estrategias contemplan diversos modelos: integrativo, conflicto cognitivo, inducción y uso de analogías. Cada sesión fue diseñada pensando en cuatro momentos: a) Fase de explicitación e intercambios de puntos de vista, b) Fase de reestructuración de conocimientos c) Fase de consolidación y recapitulación y d) Fase de reflexión sobre el conocimiento. En el apartado de diseño instruccional se describen las cuatro fases para cada sesión.

La instrucción se realizó alterando la secuencia fijada por el programa, el tema *Naturaleza de la Diversidad Genética* se revisó en la primera mitad del semestre, dado que el tema corresponde a la unidad II del Programa de Biología

III y tendría que trabajarse en la segunda mitad. El profesor que guió la instrucción del grupo es el propio experimentador, pero éste no fue el profesor del grupo durante todo el semestre.

Grupo control: La secuencia instruccional así como las estrategias a utilizar fueron fijadas por el profesor titular del grupo, se sabe que el modelo más utilizado es la explicación del profesor, donde la participación de los alumnos es escasa y no se favorece o hay poca oportunidad para la explicitación de las CA de los alumnos y su contrastación con los modelos científicos.

8.3. Tareas

Para la colección de datos se utilizaron 7 tareas (Tabla 8.1. y Anexo 1). Éstas fueron diseñadas para explorar las ideas, comprensión y aplicación conceptual más que la memorización, de temas biológicos relacionados la diversidad genética y su relación con la biodiversidad. Dos de ellas son modificaciones a las utilizadas por otros investigadores (Lewis, Leach y Word-Robinson, 2000a). Las tareas de evaluación fueron validadas por una bióloga, una investigadora en educación de la ciencia y dos profesoras de bachillerato. El objetivo de las tareas era analizar las concepciones de los estudiantes sobre los siguientes temas:

Tabla 8.1. Tareas utilizadas para la investigación de las CA de los estudiantes y el impacto de la instrucción.

Tarea	Antes de la instrucción	Después de la instrucción
1	Niveles de organización: conceptos.	Niveles de organización: conceptos.
2	Niveles de organización: Concepto y representación gráfica.	Niveles de organización: Concepto y representación gráfica.
3	Clasificación de animales	Clasificación de animales
4	Problema: Supervivencia de conejos tras la aplicación de veneno	Problema: Efecto de los insecticidas en los piojos
5	Mapa conceptual de biodiversidad	Mapa conceptual de biodiversidad
6	Clonación vegetal en zanahoria	Clonación vegetal en orquídea Clonación animal en mapache
7	Clonación humana	Clonación humana

Niveles de organización. Las dos primeras tareas aludieron a los niveles de organización (organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN). En esta tarea se pidió a los alumnos que ordenaran los conceptos empezando por el de mayor nivel de organización. La *primera tarea* permitió reconocer la comprensión de los alumnos a cerca de la relación que guardan estas estructuras, los niveles de organización que reconocen los alumnos y cuales de éstos conceptos utilizan de manera intercambiable (modificado de Lewis, Leach y Word-Robinson, 2000a). La *tarea dos* tuvo el mismo objetivo, pero los conceptos están asociados a representaciones gráficas.

Clasificación de animales. La *tarea tres* tuvo como finalidad analizar los conocimientos que poseen los alumnos para la clasificación de 11 animales (chimpancé, orangután, humano, gorila, conejo, tiburón, gallo, delfín, puerco, tortuga, delfín). Se pidió a los estudiantes que observaran a los animales antes mencionados y los agruparan justificando el por qué de tal clasificación, además se preguntó si habría alguna otra manera de formar grupos. A partir de los grupos considerados por los alumnos y su justificación fue posible apuntar cuales son las características que con mayor frecuencia utilizan los alumnos, cuales de ellas tienen un origen perceptivo, antropocéntrico o científico. Además, permitió conocer si relacionan la diversidad específica y la genética.

Variabilidad. En la *cuarta tarea* se planteó un problema evolutivo imaginario en el cual se demandó a los alumnos que explicaran cómo es posible la sobrevivencia de algunos conejos australianos después de la aplicación de un veneno, como método de exterminio. A través de las respuestas fue posible explorar la aplicación del concepto de variabilidad y las ideas sobre cómo conciben el cambio biológico.

Después de la instrucción se aplicó un problema propuesto por Jiménez (1991) para explorar las concepciones de los alumnos, donde se consideró la explicación al por qué los insecticidas hace años hicieron efecto a los piojos y ahora no (Anexo 2). El cambio se hizo con la finalidad de acotar el problema y con ello evitar las respuestas donde los alumnos consideran la sobrevivencia como

resultado de la falta de contacto o contagio con el veneno. Ya que esta respuesta aunque es válida no nos permitió reconocer la concepción lamarckiana.

Biodiversidad. En la *tarea cinco* el alumno consideró una serie de conceptos mínimos (Diversidad biológica, Ecosistemas, Selva, Población, Diversidad ecosistémica, Diversidad genética, Variabilidad, Biodiversidad, Especie, Biótico, Abiótico, Desierto) para la elaboración de un mapa conceptual de biodiversidad.

A partir de la representación gráfica de los conceptos asociados a la biodiversidad (la jerarquización y relación existente entre ellos) se detectaron, clasificaron y analizaron los vínculos que establecen los alumnos entre los conceptos relacionados con la diversidad específica, la variabilidad y la diversidad ecosistémica.

¿Cada célula de un individuo tiene la misma información genética? Se formularon dos tareas diferentes, *seis y siete*, para indagar las concepciones de los alumnos con respecto a la información genética en las células de un individuo, en ambos casos se exploraron los mismos aspectos pero de manera diferente, ello para valorar la consistencia de las respuestas y por lo tanto de las CA de los alumnos.

En la *tarea seis*, a través de las predicciones de los alumnos sobre la clonación con diferentes células de zanahoria (raíz, tallo y hoja), se evaluó, de manera indirecta, la CA acerca de la información genética entre las células de un individuo. Además, fue posible, conocer el grado de uso e integración, de los niveles de organización (macroscópico, microscópico y molecular) en los conceptos genéticos, para la explicación de un fenómeno.

Después de la instrucción se utilizaron predicciones de la clonación a partir de diferentes células de una orquídea (pétalo, hoja y bulbo) y la predicción de la clonación animal (mapache) a partir de sus células (neurona, célula de la piel, célula muscular y óvulo). La aplicación de estas dos tareas (Anexo 2), distintas, fue con la finalidad de observar la transferencia y generalización del conocimiento, además de prever que se pensara que los alumnos fueron ejercitados con la tarea

de la zanahoria, misma que se utilizó como recurso para las estrategias de enseñanza.

En la *tarea siete*, a través de un problema de clonación, fue posible conocer las concepciones y aplicación de conceptos de los estudiantes (modificada de Lewis, Leach y Word-Robinson, 2000a), aquí se preguntó sobre las células que pueden ser utilizadas para clonar a María primero de manera individual (óvulo, neurona, epidérmica y muscular) y por pares: dos células somáticas del mismo tipo (neuronas), dos células somáticas de diferente tipo (neuronas-musculares), una célula somática y una célula sexual (neurona-óvulo) y dos células sexuales (óvulos).

8.4. Análisis de datos

Cada una de las tareas (antes y después de la instrucción), se examinaron para explorar la comprensión de los estudiantes acerca de los fenómenos genéticos y valorar en qué medida los conceptos estudiados, a través de las diversas estrategias implementadas, pueden facilitar la comprensión de la naturaleza de la diversidad genética y su vínculo con la biodiversidad. El análisis se centró en la explicación personal de los alumnos acerca de los procesos biológicos más que en la frecuencia de aparición de respuestas correctas e incorrectas.

Las respuestas abiertas y justificaciones fueron codificadas (en categorías o premisas). Las codificaciones se construyeron con base en las respuestas de los alumnos, además de considerar las concepciones señaladas en la literatura, y se delimitaron a través de un proceso de discusión.

Todas las respuestas fueron categorizadas a fin de representar las concepciones que tienen los alumnos de los distintos grupos (experimental y control). Cuando alguna de las respuestas de los alumnos no pudo ser categorizada, desde el punto de vista biológico, se considero como otra explicación

Para asegurar la validez de la codificación de cada tarea, las respuestas fueron dadas, por separado, a un investigador en un área de la biología y otro en

educación de la ciencia. La categorización fue similar para la mayoría de los casos. Algunas de las respuestas se ubicaron en más de una categoría. En el caso de que no existiera correspondencia en la determinación de alguna categoría, se resolvió a través de un proceso de discusión.

A continuación se describe el nivel de análisis utilizado para cada una de las tareas:

Niveles de organización. Para estudiar las tareas de niveles de organización (*tarea uno y dos*), a cada uno de los conceptos, según una de la secuencia válida científicamente, se le asignó un número.

Organismo	6
Célula	5
Núcleo	4
Cromosoma	3
Gen	2
ADN	1

El número fijado se utilizó para describir las variantes en la secuencia realizada por los alumnos. Ejemplo:

Estudiante: Epre10	
Organismo	6
Célula	4
Núcleo	2
Cromosoma	1
Gen	3
ADN	5

La primera columna indica una de las secuencias aceptada por el consenso científico y la segunda se refiere a la secuencia descrita por el alumno.

Se obtuvo, además, el porcentaje de alumnos que pudieron reconocer el concepto de organismo (el cual corresponde al nivel macroscópico), la secuencia de conceptos: organismo, célula y núcleo (estos dos últimos en el nivel microscópico), así como aquellos que completaron la secuencia reconocida científicamente (organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN).

Clasificación de animales. En la *tarea tres* se analizó cómo clasificaban a los diferentes organismos y la justificación o criterio que utilizaban para hacer dicha clasificación.

La clasificación, es decir, los grupos de organismos que realizaron los alumnos se transformó en una matriz de similitudes para poder analizar mediante un análisis de conglomerados. Esta técnica permite un análisis cualitativo de cómo los estudiantes han agrupado a los diferentes organismos.

Para el análisis de los criterios empleados en la clasificación se establecieron nueve categorías, las cuales se formaron al considerar los animales agrupados y su respectiva justificación, que se describen a continuación:

Morfológica. En ésta categoría se ubicaron aquellas respuestas que hicieron referencia a alguna característica física (cuatro patas, cerebro muy semejante), la familiaridad (son de la misma familia), categoría taxonómica (aves, reptiles, primates, misma especie), similitud (se semejan) o señalaron el parecido entre los organismos o el parentesco.

Reproducción. Se consideraron aquellas justificaciones donde se señaló si el organismo se gesta en un huevo o en la madre (ovíparos y vivíparos respectivamente) y la categoría taxonómica de los mamíferos ya que hace alusión directamente a la gestación dentro del cuerpo materno.

Hábitat. En ésta se ubicaron las respuestas que consideran el lugar donde habitan los organismos (acuáticos, marinos, terrestres), independientemente de su vínculo con el hombre.

Uso. Aquí se encontraron las respuestas donde se sugiere el vínculo del organismo con el hombre, es decir, si es doméstico, comestible o se encuentra en las granjas. También se consideraron en esta categoría, cuando el estudiante indicó el hábitat como justificación y dentro del grupo se encuentran el caballo, puerco, conejo o gallo.

Antropocéntrica. Se consideró cuando se formó un grupo independiente para el hombre y cuando al hombre, aún incluido con otros organismos, se le atribuyó características como inteligencia, superioridad y complejidad.

Evolutiva. Bajo esta categoría se agruparon aquellas respuestas, donde de manera explícita se hizo referencia a la evolución (mismo ancestro, evolución del hombre, según la teoría de Darwin provenimos del mono).

Genética. Se clasificaron en esta categoría las respuestas, en las cuales el alumno señaló la agrupación de los organismos en torno a características genéticas, genes, cromosomas o información genética.

Otras. Contiene aquellas respuestas que no fueron clasificables en las categorías anteriores.

Sin respuesta (SR). Aquellas agrupaciones donde el alumno no justificó.

Se analizaron las agrupaciones y criterio utilizado por cada alumno. A cada grupo, formado por el estudiante, con su respectiva justificación, se le asignó una de las categorías ya mencionadas. Con base en el número de grupos formados y sus categorías se designó una proporción de uso de las mismas.

Por ejemplo para alumno Epre7 la proporción de uso es 0.25 para cada categoría, la cual se multiplicó por 100, ya que formó cuatro grupos y utilizó cuatro criterios distintos.

Estudiante	#	Grupos	Criterios	Categorías	Proporción
Epre7	4	orangután gorila chimpancé	primates	morfológica	25
		tortuga tiburón delfín	acuáticos	hábitat	25
		gallo puerco caballo conejo	granja	uso	25
		hombre	razonamiento	antropocéntrica	25
					100

Cabe mencionar, que cuando había más de un criterio para un grupo, la proporción correspondiente a ese grupo se dividía en dos, por ejemplo para el alumno Cpre1 las proporciones son:

Estudiante	#	Grupos	Criterios	Categorías	Proporción
Cpre1	4	orangután chimpancé gorila hombre	porque según la teoría de la evolución	evolutiva	25
		tortuga gallo	proviene del huevo	reproducción	25
		tiburón delfín	mamíferos acuáticos	reproducción hábitat	12.5
					12.5
		conejo caballo puerco	mamíferos terrestres	reproducción hábitat	12.5
				100	

Una vez obtenida la proporción de uso de cada categoría, en ambos grupos, se obtuvo el promedio.

Las categorías antes descritas se agruparon en alguna de las siguientes clases:

- Perceptiva. Reúne las categorías que utilizaron como criterio de clasificación las características que se pueden percibir externamente. consideradas como el resultado de los datos recogidos a través de procesos sensoriales y perceptivos. Aquí se incluyeron: Morfológica, Reproducción y Hábitat.
- Antropocéntrica. Hace referencia a las categorías cuyo criterio de clasificación de los organismos está en función del hombre y éste es su centro. origen es la interacción con el entorno social y cultural. Específicamente, las creencias en torno al hombre como especie superior cuya característica es el uso de la razón; así como aquella categoría que hicieron referencia a la relación de los animales con el hombre. Se incluyeron: Antropocéntrica y Uso.
- No perceptiva. Une a las categorías que tienen su origen en la abstracción, es decir, aquellas que son el resultado de la integración de conceptos genéticos, moleculares y evolutivos, los cuales no son directamente observables. Se agruparon: Evolutiva y Genética.
- Otra. Contiene aquellas respuestas no clasificables en las categorías anteriores.

- Sin respuesta (SR). Aquellas agrupaciones donde el alumno no justificó.

Variabilidad. A partir del análisis de las respuestas y justificación para la *tarea cuatro*, se delimitaron cuatro categorías de análisis:

Uso del concepto de variabilidad. Se encontraron las contestaciones que utilizaron las diferencias entre organismos de la población como una explicación a la aparición de conejos o ratas.

Epre25. Respuesta: *Podría ser que algunos conejos tenían mutaciones genéticas que les permitieron sobrevivir al veneno, o también a la reproducción rápida de estos animales .Justificación: Cuando se duplican las cadenas de ADN puede haber mutación por el cambio de bases nitrogenadas que forman el ADN.*

Concepción lamarckiana. Se ubicaron en ésta categoría aquellas respuestas, donde se habló de inmunidad adquirida, herencia de caracteres adquiridos, adaptación y sobrevivencia como una respuesta inteligente al medio, todo ello para explicar la sobrevivencia de los conejos y ratas al veneno.

Cprev9. Respuesta: *Se adaptaron.* Justificación: *Que tal vez algunos conejos se adaptaron y se volvieron inmunes a éste veneno y fue así como sobrevivieron*

Descripción a nivel ecológico. Se consideraron todas aquellas explicaciones sobre el impacto ambiental, acarreado por la introducción de especies extranjeras a medios donde no existe el depredador.

Cprev1. Respuesta: *Alteración del hábitat natural.* Justificación: *La naturaleza pone las cosas adecuadamente, por ejemplo los conejos en Australia tienen de depredador a la zorra por el hecho de que el conejo se reproduce en gran cantidad y estas mantienen un equilibrio natural.*

No contagio o no contacto. En esta categoría se localizaron las respuestas donde se resolvió el problema, al argumentar que no todos los conejos o ratas fueron infectados por el virus o estuvieron expuestos al veneno.

Epre3. Respuesta: *No se infectaron todos.* Justificación: *Siendo un área tan grande como Australia puede que unos pocos evitaren a los contagiados y ya con esos conejos sanos pueden procrear más*

Biodiversidad. Con la finalidad de conocer la organización conceptual del alumno en el dominio, se examinaron los mapas conceptuales antes y después de la instrucción. Básicamente se consideraron dos elementos para el análisis: el establecimiento de jerarquías y las relaciones entre conceptos. Para lo cual se obtuvieron los porcentajes en los siguientes puntos de análisis:

- El concepto de biodiversidad utilizado como inclusor, o de mayor jerarquía.
- Reconocimiento de los tres tipos de diversidad (biológica, genética y ecosistémica), con asignación de la misma jerarquía.
- La relación de los conceptos biótico y abiótico con el concepto de ecosistema o algún ejemplo del mismo.
- La relación del concepto de variabilidad con diversidad genética, el concepto de especie o población.

¿Cada célula de un individuo tiene la misma información genética? Para estudiar la *tarea seis* se definieron tres categorías de análisis, las cuales resultaron de considerar la predicción acerca de la clonación a partir de diferentes células de la zanahoria (raíz, tallo y hojas) u orquídea (pétalo, hoja y bulbo) y su justificación. Las categorías examinaron el uso de los conceptos genéticos en los diferentes niveles de organización.

Macroscópico. Se consideraron en esta categoría aquellas respuestas donde en las tres justificaciones se hizo referencia al organismo completo, sus características o procesos observables. En este caso se explicó la predicción a nivel macroscópico y se excluyó totalmente el nivel celular.

Epre6. *De las hojas no se puede formar una zanahoria completa, del tallo no se desarrolla una planta, si la raíz se alimenta se reproduce*

Microscópico. En este grupo se agruparon las respuestas donde el alumno consideró el nivel celular (células de la hoja, células del tallo o células de la raíz), para justificar su predicción.

Epre23. *Se agarró una célula de la hoja y me imagino que se genera otra, del tallo sólo crecerá esa parte de la zanahoria, de la célula de la raíz crece toda la zanahoria.*

Molecular. Se clasificaron las respuestas que aludieron el nivel de estructuras bioquímicas (material genético, ADN, información genética, cromosoma y gen), las cuales no son visibles directamente y deben ser imaginadas por el alumno.

Cprem15. *Por que sólo tiene información para crear esa parte de la planta (hoja), igual (tallo), tienen la información para crear todas las células (raíz).*

Sin respuesta (SR). Se ubicaron aquellas predicciones donde el estudiante no justifica.

Para las predicciones se asignó a cada respuesta la siguiente numeración:

Nada	1
Pétalo/hoja	2
Tallo	3
Bulbo/raíz	4
Toda	5

La tarea de clonación en el mapache se analizó según las categorías de uso de los niveles de organización ya señalados para la clonación vegetal.

Además de utilizar la siguiente numeración según la respuesta:

No se puede clonar	1
Si se puede clonar	2

En la tarea siete se analizaron cada respuesta por separado y luego en conjunto se determinó el tipo de concepción que maneja el alumno sobre las células del cuerpo. A continuación se señala la asignación numérica en cada respuesta:

1. Células que se pueden utilizar para clonar. En este caso el 1 señala la concepción alternativa y los otros la concepción aceptada.

Óvulo	1
Piel	2
Neurona	3
Muscular	4

2. Células que no se pueden utilizar. El 4 representa la concepción científica.

Óvulo	4
Piel	3
Neurona	2
Muscular	1

3. Células somáticas del mismo tipo

4. Células somáticas de diferente tipo

Si	3
No se	2
No	1

5. Célula somática vs gameto

6. Gameto vs gameto

Si	1
No se	2
No	3

Las seis respuestas con su justificación se analizaron en conjunto para cada estudiante, el cual se ubicó en alguna de premisas que se presentan abajo, cada premisa corresponde la asignación numérica según el orden siguiente:

1. No clasificable.
2. Los gametos son portadores de información genética.
3. Los gametos son portadores de la mitad de la información genética.
4. Hay células con información genética y células sin información (incluidos los gametos).
5. Todas las células tienen diferente información genética (incluidos los gametos).

6. Cada tipo celular tiene diferente información genética dependiendo de su forma, función o localización (incluidos los gametos).

7. Cada tipo celular tiene diferente información genética dependiendo de su forma, función o localización, cada gameto tiene diferente información.

8. Todas las células tiene la misma información genética, los gametos son portadores de información genética.

9. Todas las células tiene la misma información genética excepto los gametos que tienen la mitad de la información genética.

10. Todas las células tiene la misma información genética excepto los gametos ya que cada uno tiene diferente información genética.

A partir de estas premisas se construyeron cuatro categorías de análisis las cuales se presentan a continuación:

1. No clasificable.
2. Hay células con información genética y sin información (incluye las premisas 2, 3 y 4).
3. Cada célula sólo lleva la información hereditaria relacionada con las funciones que realiza en el organismo (incluye las premisas 5,6 y 7).
4. Todas las células tienen la misma información genética excepto los gametos (incluye las premisas 8, 9 y 10).

8.5. Análisis estadístico

Se analizó el progreso de los estudiantes comparando el nivel de significancia de las diferencias entre los resultados iniciales y aquellos arrojados después de la instrucción. Se incluyó la comparación entre el grupo control y el experimental.

Para legitimizar la aproximación interpretativa de los datos en este estudio particular se utilizaron:

1) La prueba de ji-cuadrada para comparar la frecuencia en cada categoría, en el grupo experimental antes de la instrucción (ExA) contra el grupo control antes de la instrucción (CoA) y el grupo experimental después de la instrucción (ExD) contra el grupo control después de la instrucción (CoD).

2) La prueba del rango con signo de Wilcoxon para considerar la diferencia entre pares de valores entre el ExA vs el ExD y el CoA vs el CoD.

Los datos fueron procesados en el Programa Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) versión 13 y en todos los casos se utilizó un nivel de significancia (α) igual o menor a 0.05.

Los resultados de las pruebas para cada variable se pueden consultar en el Anexo 4.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son presentados en dos momentos: 1) El estado inicial de los estudiantes, donde se describen las CA que fueron detectadas a través de una serie de tareas y 2) La comparación entre y dentro de los grupos antes y después de la instrucción.

9.1. Estado inicial: las concepciones encontradas

De los patrones de respuestas, obtenidos para cada tarea de exploración, se extrajeron las ideas de los estudiantes sobre los temas genéticos. La tabla 9.1 ilustra las CA que se identificaron de manera general (tanto en el grupo control como en el experimental) en alumnos de bachillerato.

Como señalan otras investigaciones los alumnos, de bachillerato en México al igual que en otros países, poseen una serie de CA acerca de diversos temas biológicos, siendo el campo de la genética uno de los más estudiados (Lawson y Thompson, 1988; Smith y Good, 1989; Banet y Ayuso, 1997; Finkel, 1999; Duit, 2002; Flores, Tovar y Gallegos, 2003 y Cruz, 2007) a este respecto.

Los alumnos que resolvieron las diversas tareas habían llevado previamente los cursos de Biología I y II. En éstas asignaturas se estudian de manera formal los conceptos genéticos. Lo anterior nos hace pensar que las CA en genética están fuertemente arraigadas y son resistentes al cambio, aun después de la enseñanza de las CC. Como señalan Hashweh (1986) y Campanario (2002) la resistencia de estas CA pudiera deberse a que: 1) las CA no constituyen un cuerpo disperso de conocimiento, por el contrario obedecen a un patrón común que forma una estructura conceptual compleja y firme, la cual sirve para interpretar y predecir los fenómenos que acontecen a nuestro alrededor; 2) las CA son teorías en acción, es decir, forman parte del conocimiento procedural y su uso es automático e inconsciente; 3) se originan o reafirman en contextos muy diferentes como son: el escolar, el social y perceptivo y 4) son consideradas pobremente para el diseño de estrategias que promuevan el cambio conceptual.

Tabla 9.1. Concepciones alternativas de los estudiantes, identificadas antes del periodo de instrucción.

Tema	Concepciones alternativas
Niveles de organización	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de la comprensión en la relación jerárquica de los conceptos: organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN. • Los conceptos gen, cromosoma y ADN se utilizan de manera intercambiable.
Clasificación animal	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan como criterios de clasificación características perceptibles de los organismos (frecuentemente se refieren al hábitat de los organismos). • Es común el uso de la visión antropocéntrica como criterio de clasificación. • Los estudiantes utilizan escasamente términos genéticos para la clasificación.
Variabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos atribuyen la sobrevivencia de los organismos a la adquisición de un rasgo por necesidad. • No aplican el concepto de variabilidad para explicar la sobrevivencia.
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Pobre comprensión del concepto de biodiversidad y los elementos que lo integran. • No reconocen los factores bióticos y abióticos como electos que integran al ecosistema.
¿Cada célula en un individuo tiene la misma información genética?	<ul style="list-style-type: none"> • Pobre comprensión de las plantas como sistemas vivos. • Presencia no universal de las células. • No reconocen a las plantas como portadoras de genes. • Los alumnos utilizan el nivel microscópico para explicar los fenómenos genéticos. • Cada célula lleva la información hereditaria en relación con la función que realiza. • Los gametos son las únicas células que llevan la información genética ya que deben proveerla en la siguiente generación.

9.2. Comparación: Grupo experimental-control. Antes y después de la instrucción

Las respuestas de los estudiantes a las diversas tareas fueron analizadas y comparadas. Se muestra para cada tarea las diferencias entre el estado del conocimiento inicial de los estudiantes y los resultados obtenidos después de la instrucción formal de los temas genéticos. Se compararon los grupos experimental y control.

9.2.1. Niveles de organización

La tabla 9.2 muestra que la mayoría de los alumnos (ExA= 81.5% y CoA= 77.8%) reconocieron el nivel de organización macroscópico representado por el organismo. Cerca de la mitad de los alumnos pudieron identificar la relación de los niveles microscópicos: célula (ExA= 66.7% y CoA= 50%) y núcleo (ExA= 66.7% y CoA= 44.4%). Mientras en el nivel molecular, donde se ubican los conceptos de cromosoma, gen y ADN, existió mucha confusión, de aquí que los porcentajes sean menores al 50%.

Tabla 9.2. Porcentaje de alumnos que reconocen los diferentes conceptos genéticos y su relación inclusiva. Antes y después de la instrucción.

Conceptos	Organismo	Célula	Núcleo	Cromosoma	Gen	ADN
Grupo/Nivel	Macroscópico	Microscópico		Molecular		
ExA	81,5	66.7	66.7	51.9	29.6	25.9
ExD	100,0	100	100	81.8	63.6	63.6
CoA	77,8	50	44.4	33.3	16.7	11.1
CoD	85,7	64.3	57.1	50	14.3	14.3

ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Estos resultados revelan una carencia de apreciación del tamaño y sobre todo del nivel de organización entre los seis conceptos presentados, lo cual indica una pobre comprensión de la relación jerárquica entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN.

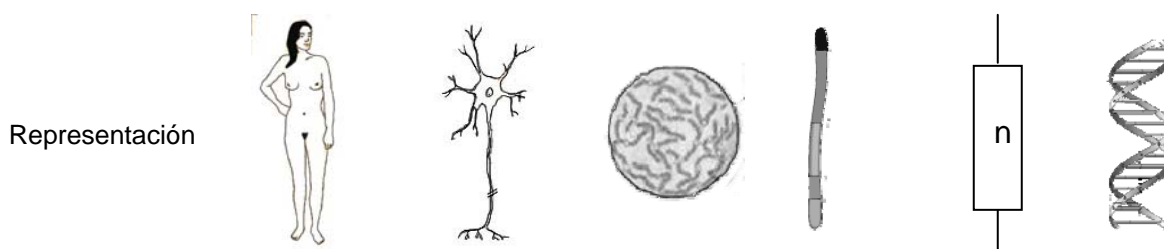
Los porcentajes bajos en los conceptos de cromosoma, gen y ADN indican que éstos se utilizan de manera intercambiable. Tal como lo señalan Lewis, Leach y Wood-Robinson (2000a); Bahar, Johnstone y Sutcliffe (1999) y Cruz (2007) los alumnos no logran diferenciar los conceptos de gen y cromosoma lo que muestra que no reconocen su relación e inclusión con otras estructuras, es decir hay falta de comprensión acerca de la localización del gen.

Después del periodo de instrucción. Se elevó el porcentaje de alumnos, en ambos grupos, que reconocieron los niveles macroscópico y microscópico, siendo para el grupo experimental en un 100% (ExD). Los alumnos del grupo, donde fueron implementadas las estrategias de contrastación de modelos, reconocieron con mayor facilidad el nivel molecular (Gen y ADN) de aquí que los porcentajes estén por encima de 50% (ExD).

Se obtuvieron resultados similares cuando los conceptos se relacionaron con una representación gráfica (Tabla 9.3). Cabe señalar que la falta de atención a las representaciones visuales por parte de los estudiantes puede deberse a diversas situaciones: 1) el propio diseño o elección de las representaciones visual, el cual en este caso parece no favorecer el reconocimiento de los conceptos genéticos, 2) aunado a una carencia de estrategias para su interpretación o a que 3) el alumno consiguiera interpretarlos como una simple decoración.

Esto quizás tenga su origen en el mismo ámbito escolar ya que como lo señalan López-Manjón y Postigo (2008) los estudiantes aprenden principalmente información verbal, mientras que los aspectos gráficos o representaciones visuales se utilizan en menor medida o se considera un tipo de material que no requiere instrucción.

Tabla 9.3. Proporción de alumnos que reconocen los diferentes conceptos genéticos (asociados a una representación gráfica) y su relación inclusiva.



Conceptos	Organismo	Célula	Núcleo	Cromosoma	Gen	ADN
Grupo/Nivel	Macroscópico	Microscópico		Molecular		
ExA	81,5	66.7	63	44.4	33.3	25.9
ExD	100,0	100	100	69.6	47.8	60.9
CoA	83.3	44.4	33.3	33.3	16.7	11.1
CoD	100	71.4	64.3	42.7	21.4	14.3

ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Los términos célula cromosoma, gen y ADN son, quizás, los conceptos más utilizados en genética (Nicholl y Nicholl, 1987). El origen de su confusión puede deberse a un uso inadecuado de la terminología o a la falta de explicitación acerca de la relación que mantienen dichas estructuras (Word-Robinson, Lewis y Leach, 2000; Pearson y Hughes, 1988). Una buena comprensión de los mismos permitirá el reconocimiento de procesos como la síntesis de proteínas, replicación, mitosis,

meiosis y leyes de Mendel, que son la base conceptual para comprender la genética.

De lo anterior se desprende la importancia de la comprensión de términos básicos y se justifica la enseñanza de sus diferencias y relaciones, las cuales deben ser explicitadas por el profesor.

9.2.2. Clasificación de animales

La Figura 9.1 es un dendograma obtenido a partir de una matriz de similitudes. Se muestra los tres grandes grupos que hicieron los estudiantes para clasificar a los animales. En términos generales los alumnos agruparon a la tortuga, tiburón y delfín por compartir el hábitat, al orangután, gorila, chimpancé y algunos al humano por ser mamíferos-primates y al conejo, caballo, puerco y gallo por ser animales de granja o establo.

Hay un porcentaje alto de alumnos que separaron al hombre del resto de los primates. Para el ExA 50% (Figura 9.1) y para el CoA el 40 % (Figura 9.3 del Anexo 21).

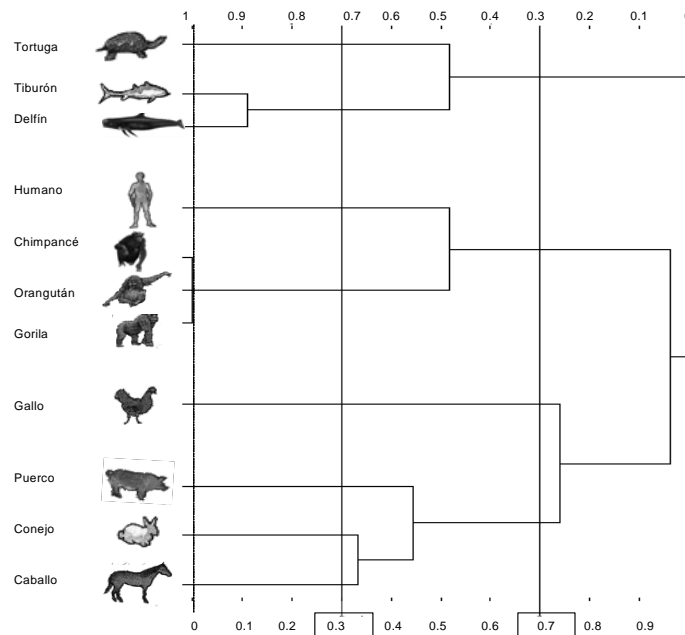


Figura 9.1. Clasificación animal, de los estudiantes del grupo experimental, antes del periodo de instrucción.

En la Tabla 9.4 se observa que los criterios de clasificación que más se utilizaron corresponden a las categorías perceptivas y antropocéntricas. Pocos estudiantes manejaron la categoría no perceptiva para explicar su agrupación.

Tabla 9.4. Proporción de uso (base 100) de cada categoría para justificar la clasificación en animales. Antes y después de la instrucción.

Categorías de uso	Perceptivas	Antropocéntrica	No perceptivas	Otras	SR
ExA	77	17	1	0	5
ExD	79	16	5	0	0
CoA	58	28	9	3	2
CoD	61	25	10	2	3

ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Estos resultados concuerdan con los arrojados en otras investigaciones (Markhan, Mintzes y Jones, 1994) donde se ha observado que los estudiantes utilizan, como criterios de clasificación animal, las características perceptibles de los organismos: el hábitat, las características anatómicas, la reproducción y la visión antropocéntrica. Pocos manejan las bases filogenéticas o genéticas.

El escaso uso de los conceptos genéticos para la clasificación hace pensar, como a otros investigadores (Kargbo, Hobbs y Ericsson, 1980), que los estudiantes tienen una estructura conceptual que no les permite explicar la biodiversidad en términos genéticos. Reconocen pobremente la relación que hay entre el fenotipo (que es la expresión de la interacción entre los genes y el medio) y el genotipo (genes).

La comparación de los grupos, antes y después de la instrucción, nos indican pocos cambios en la clasificación de los estudiantes (Figuras 9.2 y 9.4 del Anexo 3) y se mantienen sin modificación los criterios utilizados para ésta (Tabla 9.4).

Sólo en el caso del grupo experimental algunos estudiantes más (cerca del 25%) agruparon al hombre junto con los otros primates.

Los resultados arrojados en esta tarea sugieren que éstas CA al tener su origen el conocimiento intuitivo ligado a la experiencia personal o a los medios de comunicación social (Clough y Word-Robinson, 1985; Banet y Ayuso, 1995) están

muy arraigadas y son difíciles de reestructurar. Estas concepciones son además reafirmadas día a día en el contexto social y escolar, de aquí que se mantengan aún después de la instrucción. Por su lado, la visión antropocéntrica en el pensamiento de los alumnos impacta en su comprensión de la genética (Venville, Gribble, y Donovan, 2005).

Se puede agregar, como lo señala Luffiego (2001), que la entrada y selección de información no fue suficiente para que se produjera un aprendizaje estable. Para que el aprendizaje sea significativo debe ser activado un cierto número de veces, de aquí que consideremos que la actividad propuesta en clase este limitada. Es necesario ofrecer a los alumnos otros contextos de aplicación (por ejemplo: con otros organismos) e incluso que sean ellos mismos que realicen el trabajo de investigación y no sólo se presente la clasificación de los organismos de manera teórica. Posiblemente se pueden implementar ejercicios de este tipo con una complejidad creciente.

9.2.3. Variabilidad

La Tabla 9.5 ilustra las concepciones que mantuvieron los alumnos con respecto a los mecanismos evolutivos en los seres vivos. En la tarea aplicada antes de la instrucción, la mitad de los alumnos (ExA= 51.9% y CoA= 50.1%) explicaron la sobrevivencia de los conejos a partir del no contacto o no contagio. Algunos mostraron la concepción Lamarckiana (ExA= 40.7% y CoA= 33.3%) y son pocos los que pudieron utilizar el concepto de variabilidad para explicar la sobrevivencia de los organismos (ExA= 7.4% y CoA= 5.6%).

Con la finalidad de que los estudiantes explicitaran su concepción, acerca de los mecanismos de cambio en las poblaciones y evitar las respuesta con explicaciones de no contacto o no contagio, se utilizó una tarea ya probada en otras investigaciones (Jiménez, 1991).

Los resultados indican que la mayoría de los alumnos, en ambos grupos (ExD= 72.2% y CoD= 71.4%), mantuvieron una concepción lamarckiana, aún después del periodo de instrucción, donde se analizó el concepto de variabilidad (pero no se estudió la selección natural). El uso del concepto de variabilidad para

la explicación del problema fue escaso (ExD= 18.2% y CoD= 7.1%) y se redujeron las explicaciones de no contacto o contagio (ExD= 9.1% y CoD= 21.1%)

Tabla 9.5. Porcentaje de alumnos que utilizan las diferentes concepciones para explicar la sobrevivencia de los piojos o conejos. Antes y después de la instrucción.

Concepción	No contagio o contacto	Respuesta a nivel ecológico	Respuesta Lamarckiana	Uso del concepto de variabilidad
ExA	51.9	0	40.7	7.4
ExD*	9.1	0	72.7	18.2
CoA	50.1	11.1	33.3	5.6
CoD*	21.1	0	71.4	7.1

ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Los resultados muestran que las respuestas de los estudiantes dependen en gran medida del planteamiento del problema. El escenario inicial acerca de los conejos y el veneno no está lo suficientemente acotado, lo que permite a los estudiantes hablar del no contagio o contacto con el veneno; que si bien es una respuesta válida no nos resulta útil para explorar la idea lamarckiana. El segundo problema sobre los piojos y el insecticida fue estructurado específicamente para explorar las concepciones sobre el cambio biológico. Lo anterior nos lleva a reflexionar sobre la importancia de la elección y diseño de las tareas, las cuales deben permitir evaluar los conceptos y su aplicación a situaciones concretas y de la vida cotidiana.

Los resultados arrojados en esta tarea señalan que la mayoría de los alumnos explican el problema, no en términos de variabilidad, sino a partir de una interpretación lamarckiana. En ella se manifiesta que *los organismos de una especie adquieren un rasgo (inmunidad, resistencia, adaptación, aprendizaje)* como mecanismo de sobrevivencia, el cual puede ser transmitido a los descendientes. La sobrevivencia se explica en términos de herencia de caracteres adquiridos.

Pareciera que los alumnos, como lo señalan otras investigaciones (Lawson y Thompson, 1988) muestran una recapitulación del desarrollo histórico de la teoría evolutiva, ya que la teoría de herencia de caracteres adquiridos antecede a

la selección natural. El cambio en la población no se atribuye a la selección diferencial entre las variantes (resistentes y no resistentes) sino a cambios en los individuos que se hacen resistentes ante la exposición del veneno o del insecticida.

Según Jiménez (2003) la concepción lamarckiana en los estudiantes esta respaldada por una serie de razonamientos implícitos, que incluyen: la uniformidad de los organismos de una misma especie, la excesiva descendencia en los organismo, la sobrevivencia total de las crías, la creencia de cambios individuales y graduales, así como la imposibilidad de percibir los cambios en las poblaciones.

Las CA que mantienen los alumnos están relacionada con la idea de la evolución dirigida cuyo resultado lleva a un progreso (Radford y Stewart, 1982). En este caso la resistencia o inmunidad adquirida de los conejos o piojos es una mejora, y no una consecuencia del proceso de selección natural. La selección natural involucraría la variabilidad (resultante de la mutación) donde se da una selección y reproducción diferencial de los organismos que integran la población.

Dentro de la instrucción se manejó el concepto de variabilidad, pero no se dio la oportunidad, a los estudiantes, para aplicarlo en la solución de problemas. Sin embargo, los alumnos habían estudiado, en cursos anteriores, las teorías evolutivas. Los resultados muestran que la selección natural es rechazada a favor de la teoría intuitiva, ya que esta ultima esta reforzada por la observación directa y la aplicación de reglas simplistas de causa y efecto.

Se considera que el concepto de variabilidad es un requisito en la comprensión del cambio biológico, pero no es lo único que determina la comprensión del proceso. Es necesario ofrecer a los alumnos escenarios de aplicación del concepto de variabilidad y selección natural. Así como hacer explícitas las concepciones lamackiana y darwiniana y el valor explicativo de cada una.

9.2.4. Biodiversidad

La tabla 9.6 indica que hay un buen número de alumnos (ExA=59.3% y CoA=44.4%) que pudieron identificar el concepto de biodiversidad como el más general, además de relacionarlo con los tres niveles que lo integran (ExA=70.4% y CoA=55.6%). Más de la mitad reconocieron la relación de la variabilidad con la especie o la población (ExA=74.1% y CoA=55.6%). Sin embargo menos de la mitad de los estudiantes asociaron los conceptos biótico y abióticos con el ecosistema o algún ejemplo del mismo (ExA=25.9% y CoA=44.4%).

Después de la instrucción, en ambos grupos, el porcentaje de alumnos que identificaron la biodiversidad (ExD=95.5% y CoD=71.4%) y sus tres niveles se elevó (ExD=84.4% y CoD=71.4%). El término de variabilidad se mantuvo relativamente constante para el grupo control (CoD=50%), mientras que el número de alumnos, en el grupo experimental, capaces de relacionar la variabilidad con la especie o población se elevó hasta el 90.9%. Algo similar sucedió con los conceptos biótico y abiótico donde el grupo experimental lo relacionó con más frecuencia (ExD=90.9%) con el ecosistema o algún ejemplo de este.

Tabla 9.6. Porcentaje de alumnos en cada elemento de análisis del mapa conceptual. Antes y después de la instrucción.

Elemento del mapa	Inclusor	Tres niveles	A/biótico	Variabilidad
ExA	59.3	70.4	25.9	74.1
ExD	95.5	84.4	90.9	90.9
CoA	44.4	55.6	44.4	55.6
CoD	71.4	71.4	35.7	50

ExA= experimental antes de la instrucción
ExD= experimental después de la instrucción
CoA= control antes de la instrucción
CoD= control después de la instrucción

Los resultados sugieren que, en ambos grupos, hubo una reestructuración conceptual, en los términos más generales, como resultado de la instrucción. Los alumnos del grupo experimental presentaron una estructura conceptual más compleja desde antes del periodo de instrucción y ésta fue reestructurada. Se identificó a la biodiversidad y sus tres componentes aunado con el establecimiento de relaciones óptimas para los conceptos de variabilidad y los factores bióticos y abióticos.

Nos parece importante puntualizar, en el caso del concepto de variabilidad, ya que los resultados, concuerdan con otros estudios (Clough y Word-Robinson, 1985), en que los alumnos pueden reconocer la existencia de la variación intraespecífica (o variabilidad) en los animales, lo cual no garantiza su aplicación en el esclarecimiento de un problema.

De aquí que, en el apartado anterior, los alumnos utilizaron una concepción lamarckiana para explicar la sobrevivencia de los organismos. Esto revela que el concepto de variabilidad es un requisito indispensable pero no único para la explicación Darwiniana.

9.2.5. ¿Cada célula de un individuo tiene la misma información genética?

De la clonación vegetal. Cuando se pidió a los estudiantes que predijeran que estructura(s) pueden formarse a partir de la clonación vegetal utilizando diferentes células del mismo organismo, los resultados (Tabla 9.7) revelaron que: las células de la raíz o bulbo de las plantas son capaces de producir una planta completa (ExA=66.7% y CoA=72.2%), mientras que aquellas células provenientes de la hoja o el tallo no son capaces de formar en su totalidad a un individuo.

Lo anterior coincide con la idea de que existen partes o células del cuerpo que realizan funciones más importantes, y que por tanto, tendrían más o toda la información necesaria para formar a un individuo completo (Banet y Ayuso, 2000).

Tabla 9.7. Porcentaje de alumnos que piensan que de una célula puede salir una planta completa. Antes y después de la instrucción.

Célula de:	Hoja/pétalo	Tallo	Raíz/bulbo
ExA	7.4	3.7	66.7
ExD	95.5	95.5	100
CoA	11.1	5.6	72.2
CoD	0	7.1	85.7

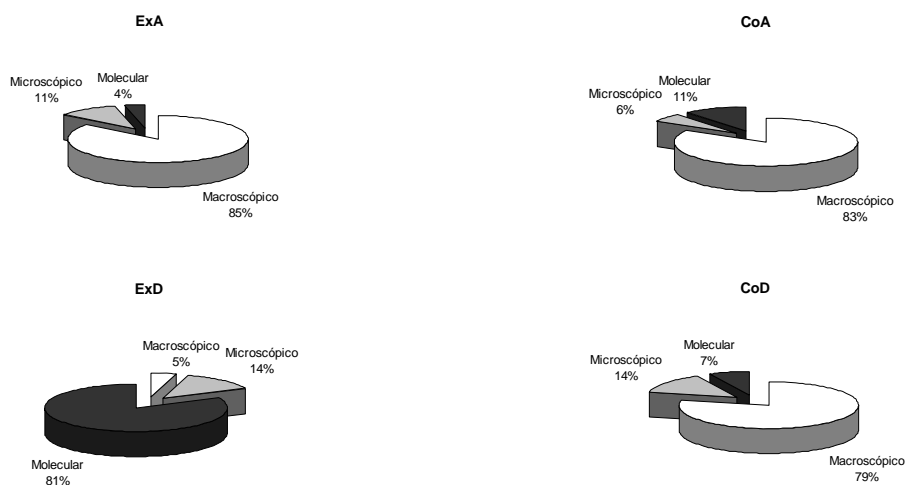
ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Después de la instrucción, los estudiantes del grupo control, mantuvieron sus predicciones (solo se puede clonar a un individuo con células de la raíz o bulbo CoD=85.7%) mientras en el grupo experimental la mayoría de los alumnos

cambiaron su predicción explicando que cualquier célula es capaz de generar a un individuo completo.

Además de las predicciones de los alumnos se revisó el nivel de análisis que utilizan cuando se enfrentan a este tipo de problemas. Los resultados muestran (Figura 9.5) que la mayoría de los estudiantes utilizaron el nivel macroscópico (ExA=85% y CoA=83%) para explicar la clonación vegetal. Muy pocos alumnos pudieron utilizar los niveles microscópico (ExA=11% y CoA=6%) y el molecular (ExA=4% y CoA=11%).

Después del periodo de instrucción, sólo los estudiantes del grupo experimental cambiaron al nivel de análisis molecular (ExD=81%).



ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

Figura 9.5. Porcentaje de alumnos en los diferentes niveles de análisis, para la clonación vegetal. Antes y después de la instrucción.

De la clonación animal. Con la finalidad de observar si los alumnos podían aplicar su conocimiento en otras situaciones o contextos, se utilizó una tarea similar para la clonación en animales. Los resultados presentados en la Tabla 9.8 muestran que todos los alumnos del grupo experimental, después de la instrucción, pensaron que es posible clonar a un individuo a partir de células somáticas pero no de gametos. En el grupo control un buen porcentaje manejó

que a partir de los gametos puede ser clonado un individuo (CoD=42.9%) pocos creyeron que de células somáticas se puede clonar al animal (CoD=21.4%).

Tabla 9.8. Porcentaje de alumnos que piensan que de una célula puede clonarse un animal. Después de la instrucción.

Célula	Neurona	De la piel	Muscular	Óvulo
ExD	100	100	100	0
CoD	21.4	21.4	21.4	42.9

ExD= experimental después de la instrucción
CoD= control después de la instrucción

El nivel de análisis de esta tarea dejar ver que el grupo experimental manejó términos moleculares para explicar su predicción (ExD=90%) mientras que en el grupo control buena parte de los estudiantes justificó en términos macroscópicos (CoD=42%) Figura 9.6.



ExD= experimental después de la instrucción
CoD= control después de la instrucción

Figura 9. 6. Porcentaje de alumnos en los diferentes niveles de análisis, para la clonación animal. Después de la instrucción.

Es importante notar que en el grupo control, cuando se trató de animales se utilizó con mayor facilidad los niveles de análisis microscópico o molecular (CoD=29% en la Figura 9.6) en contraste con los utilizados en la clonación vegetal (CoD=14 y 7% en la Figura 9.5).

Algunos autores como Bahar, Johnstone y Hansell (1999) explican que el tema de genética puede ser visto en tres niveles: macroscópico, sub-microscópico y simbólico. Otros como Marbach-Ad y Stavy (2000) reconocen los niveles macroscópico, microscópico y molecular. Aquí se concuerda con la propuesta de Cruz (2007) donde hace una conjugación de ambos, la cual permite reconocer cuatro niveles que van de lo concreto a lo abstracto y que se representan como una pirámide (Figura 9.7).

- **Macroscópico:** Es el nivel tangible, sujeto a la percepción u observación directa y que hace referencia a organismos completos y sus características morfológicas.
- **Microscópico:** Constituido por el nivel celular, que puede ser observado a través de extensiones de nuestros sentidos (microscopios), su estructura y funciones.
- **Molecular:** Este nivel no es accesible a los sentidos, atiende a estructuras bioquímicas que deben ser abstraídas por los alumnos, incluye los conceptos de gen, ADN y cromosoma.
- **Simbólico:** Que corresponde a una representación que se vale de recursos matemáticos, por ejemplo la frecuencia de alelos en una población ($p+q=1$) o la relación de los cuadros de Punnett con los procesos de meiosis y fecundación.

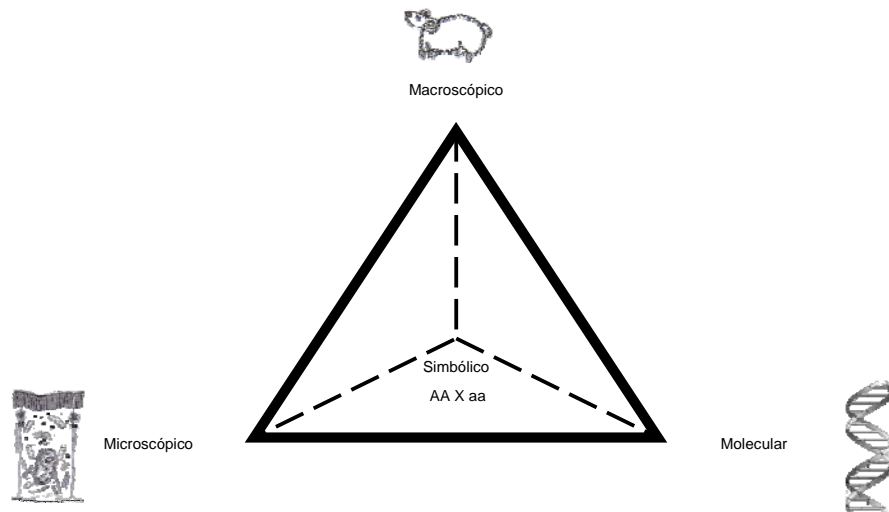


Figura 9.7. Representación de los diferentes niveles donde se mueve el conocimiento en genética.

La comprensión de la genética incluiría una explicación donde se relacionaran los diferentes niveles. Los alumnos, en esta investigación, generalmente utilizaron sólo una arista de la pirámide, la cual corresponde al nivel macroscópico, y es a partir de ésta que interpretan los fenómenos genéticos. El

ideal sería que se estuvieran moviendo en todo el cuerpo de la pirámide lo que implicaría una integración de lo concreto a lo abstracto. Es necesario que el profesor induzca, a través de las estrategias, el flujo en el cuerpo piramidal, en otras palabras que contextualice los conceptos y procesos genéticos dentro de la célula y ésta a su vez referida en algún ser vivo en particular.

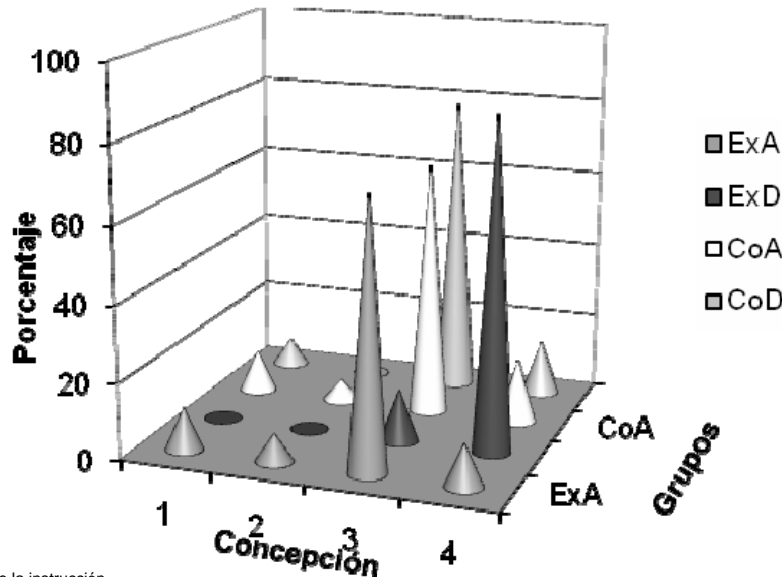
En la predicción de la clonación vegetal, los alumnos utilizaron el nivel macroscópico para justificar su hipótesis, lo cual también corresponde con la pobre comprensión de las plantas como seres vivos, la concepción de la presencia no universal de células y la falta de reconocimiento de las plantas como portadoras de genes (Venville, Gribble y Donovan, 2005. y Jiménez, 2003).

En la clonación animal hay una mayor tendencia a utilizar el nivel molecular y microscópico. Esto quizás se fundamente en que las características tradicionales utilizadas para describir a los organismos vivos son: 1) Crecimiento, 2) Reproducción, 3) Respiración externa, 4) Nutrición, 5) Excreción, 6) Irritabilidad y 7) Locomoción; estos siete puntos claramente favorecen a los organismos del reino animal y al nivel multicelular (Brumby, 1982). Estas características permiten identificar pobremente a las plantas como organismos vivos y menos como portadores de células y material genético.

Actualmente y con ayuda de las extensiones de nuestros sentidos (microscopios) se consideran características bioquímicas, para identificar a los organismos vivos, como: la presencia de constituyentes orgánicos (ADN, proteínas, glucosa) y las transformaciones energéticas (metabolismo). Dado que la naturaleza celular de los seres vivos es un requisito indispensable para la comprensión de la genética, concordamos con Banet y Ayuso (2000) que debe ser abordado antes de iniciar el estudio formal de los conceptos y procesos genéticos.

De la clonación humana. Las 10 concepciones encontradas acerca de la naturaleza de la diversidad genética en células de un individuo se agruparon en cuatro categorías. Se señala el porcentaje de alumnos que mantiene cada concepción.

La gráfica 9.8 indica el porcentaje de estudiantes que caen en las diferentes categorías de análisis.



ExA= experimental antes de la instrucción
 ExD= experimental después de la instrucción
 CoA= control antes de la instrucción
 CoD= control después de la instrucción

1. No clasificable.
2. Hay células con información genética y sin información (incluye las premisas 2, 3 y 4).
3. Cada célula sólo lleva la información hereditaria relacionada con las funciones que realiza en el organismo (incluye las premisas 5,6 y 7).
4. Todas las células tienen la misma información genética excepto los gametos (incluye las premisas 8, 9 y 10)

Figura 9.8. Porcentaje de alumnos que utilizan las diferentes concepciones sobre la información genética en las células de un individuo. Antes y después de la instrucción.

Se observó que la mayoría de los alumnos cayeron en la concepción 3 (ExA=70.4 y CoA=66.7%). Esta concepción corresponde, en términos generales, a la idea de que las células de un individuo tienen diferente información genética. Algunos alumnos mantuvieron la idea de que hay células con información y células sin información (ExA=7.4% y CoA=5.7%). Pocos estudiantes mostraron la idea de que todas las células somáticas tienen la misma información genética (ExA=11.1% y CoA=16.7%).

Después de la instrucción (Figura 9.8) los alumnos del grupo control mantuvieron sus concepciones. Los estudiantes del grupo experimental reconsideraron sus explicaciones, de aquí que la mayoría se situaran en la concepción 4 (ExD=86.4%)

Como otros investigadores (Banet y Ayuso,1998, Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b, Hackling y Treagust, 1984) se encontró que un gran porcentaje de alumnos mantiene la idea de que *cada célula sólo lleva la información hereditaria relacionada con las funciones que realiza en el organismo*. Es decir, que las células de la piel sólo llevan información del color de piel pero no sobre las funciones cerebrales y las neuronas llevarían información sobre las funciones cerebrales pero no sobre el color de piel, de ojos o el sexo del individuo.

Los resultados coinciden con el de otras investigaciones (Wood-Robinson, Lewis y Leach, 2000). Donde se muestra que los estudiantes tienen confusión entre la naturaleza de la información genética en las células. Hay una carencia de los mecanismos y procesos por los cuales la información genética es transmitida de célula a célula (en el mismo individuo) y de generación en generación (de padres a hijos). Esta concepción tiene que ver, por un lado, con la falta de comprensión del papel que juega la mitosis en el crecimiento (el cual asegura que todas las células del cuerpo de un individuo tengan los mismos genes que el cigoto) y por otro, con una inclinación natural de los estudiantes a focalizar en el fenotipo, perceptible, más que en el genotipo, abstracto (Lewis y Kattmann, 2004).

Dentro de la historia de la genética se muestra como en el siglo XIX existía una visión atomista (Dume, 1965 citado por Venville, Gribble y Donovan, 2005) acerca de los genes y su relación con las células de un mismo individuo. Se sugería que partículas pequeñas producidas por diferentes partes del cuerpo migraban al semen y fluido menstrual, ellas eran las responsables, en el embrión, de las partes del cuerpo que provenían. Esta concepción es intuitiva y remite a una simplificación o extrapolación en términos genéticos: si hay células que forman parte de tejidos y órganos especializados, con estructuras y funciones diferentes, deben tener diferente información genética. A su vez, la CA se sustenta en el supuesto epistemológico de que la realidad es tal y como se percibe.

La noción de que el genoma completo, es portado en el ADN de toda célula, en el mismo individuo, es poco comprendida debido a su naturaleza contraintuitiva (Venville, Gribble y Donovan, 2005).

Tal como lo señalan Lewis y Kattmann (2004) los alumnos están concientes que existen diferentes tipos de células, con características y funciones diferentes, y quizá podrían estar concientes de que la expresión de los genes determina el fenotipo, pero la abstracción de concebir a los genes como interruptores, no se presenta. De aquí, que ellos conceptualicen al gen como entidad que se expresa continuamente, la conclusión es que la célula sólo contiene los genes para producir el fenotipo requerido. Es necesario que los estudiantes sepan que todas las células del cuerpo de un individuo tienen los mismos genes pero que éstos últimos se prenden y apagan diferencialmente en cada tipo celular (Figura 9.9).

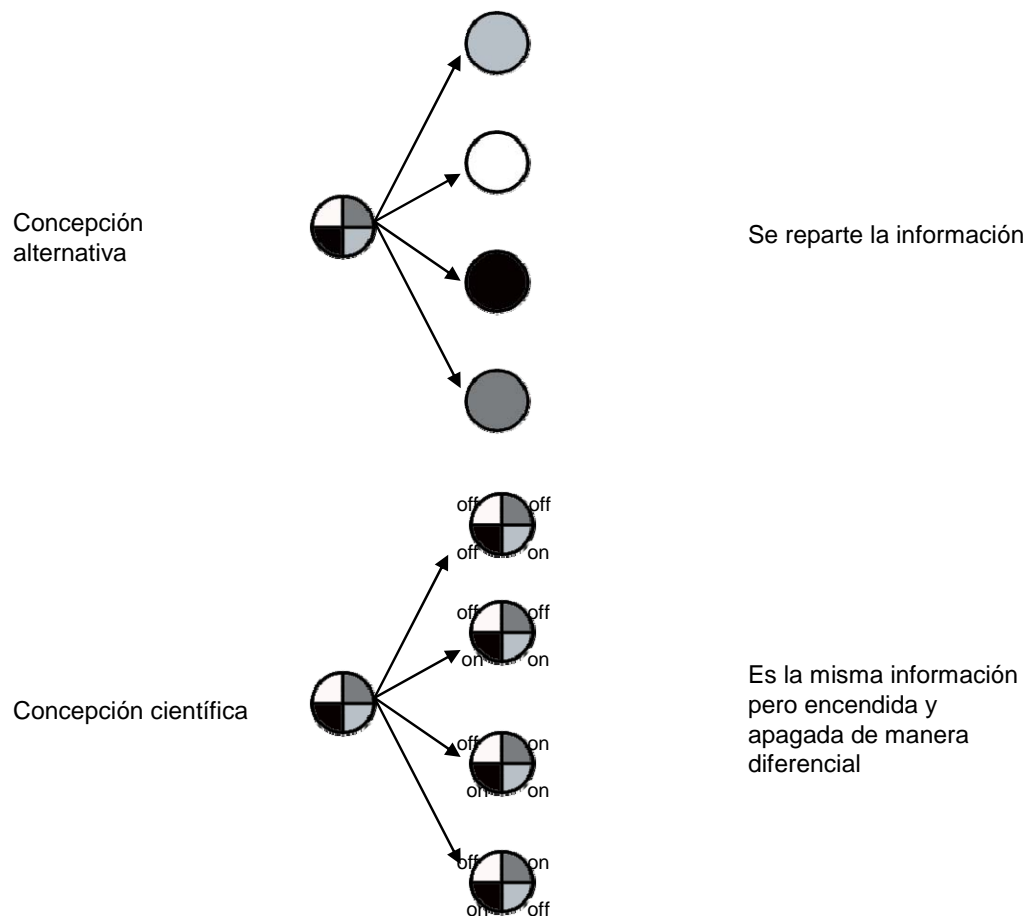


Figura 9.9. Representación de las concepciones acerca de la información genética en las células de un individuo (Modificado de Martins y Ogborn, 1997).

En cuanto a los óvulos y espermatozoides, los alumnos mantienen la concepción ya reportada por otros autores (Wood-Robinson, Lewis y Leach, 2000; Hackling y Treagust, 1984): *Los gametos llevan gran distribución de la información genética para proveerla en la siguiente generación.* Los alumnos relacionan este tipo de células directamente con la función que realizan y como consecuencia son estas células las portadoras de gran parte de la información genética o la totalidad de la misma. Pocos alumnos reconocen que cada gameto tiene la mitad del número cromosómico en comparación con las células somáticas, y menos que cada gameto es único en cuanto a la información genética que contiene.

Los alumnos sometidos a nuestra instrucción, la cual considera las CA como punto de partida para el diseño de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, experimentaron un proceso de cambio conceptual. Lo cual implica reconocer a los genes como unidades que se prenden y apagan.

La concepción más frecuente de estos alumnos fue aquella que plantea que cada célula tiene la misma información genética excepto los gametos que contienen la mitad. La idea de que los gametos son únicos en cuanto a la información hereditaria se presentó solo en algunos alumnos. Esto implica que después de enseñar los conceptos genéticos más generales se debe profundizar en la división celular (mitosis y meiosis).

10. CONCLUSIONES

El estudio muestra que los estudiantes de bachillerato utilizaron un conjunto de concepciones alternativas (CA) para resolver una serie de tareas relacionadas con la genética. Éstas concepciones pueden ser consecuencia de la experiencia diaria (percepción), el lenguaje (utilizado por los libros de texto o por los profesores), los medios de comunicación (televisión, comics, revistas) y una enseñanza poco cuidada por parte de los profesores.

El análisis de los resultados reveló que la enseñanza tradicional, centrada en el profesor, la cual no considera las concepciones alternativas de los alumnos como punto de partida y discusión en clase, tiene poco impacto en el aprendizaje de la genética. En consecuencia se fomenta un aprendizaje memorístico, el cual se caracteriza porque: 1), el alumno es incapaz de aplicar los conceptos y procesos genéticos en la solución de una tarea, 2) hay poca oportunidad de estructurar nuevas ideas, 3) no hay manera de extrapolar el conocimiento a nuevos contextos y 4) como resultado se mantienen las CA.

Es importante, por tanto, reconocer que los alumnos llegan a la instrucción con una serie de CA, en genética, las cuales son coherentes y se encuentran bien estructuradas. Las CA deben considerarse como punto de partida para el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje, ya que el cambio conceptual depende, en gran medida, de la confrontación de las CA con los modelos científicos.

Las estrategias y materiales, que se proponen para la instrucción, utilizaron para su diseño: 1) las CA de los alumnos en los temas de genética, 2) la contrastación de las CA con las CC, 3) la idea del aprendizaje como construcción activa del conocimiento, 4) la promoción de la participación individual y colectiva en la solución de diferentes tareas y 5) la reflexión sobre el conocimiento aprendido.

Los resultados de su aplicación muestran que, en los estudiantes instruidos con las estrategias de contrastación de modelos, se fomenta el proceso de cambio conceptual sobre algunos conceptos de la genética, adquiriendo un conocimiento más cercano a la visión científica. Lo anterior indica que las estrategias al

considerar estos puntos pueden tener un impacto en la reestructuración del conocimiento.

De las estrategias y recursos podemos señalar que:

- Las tareas de evaluación, aquí presentadas, permitieron explorar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre conceptos genéticos. Estas tareas demandan la aplicación de los conceptos en contextos diversos y no solo la memorización de los mismos. Las tareas fueron aplicadas y reestructuradas a partir de las respuestas de los estudiantes, a fin de afinarlas, ya que de la construcción de las mismas dependen en gran medida las respuestas de los estudiantes.

- Los recursos didácticos fueron diseñados, modificados o tomados de diversas fuentes, y son el resultado de una reflexión profunda sobre los contenidos genéticos, las CA de los estudiantes y la idea de cambio conceptual. De aquí que se concluya sobre ellos lo siguiente:

1. El uso de los recursos donde se señala de manera explícita la relación de los conceptos genéticos (Organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN) favoreció la comprensión de cada uno y su relación con el otro.
2. El manejo de los procesos de síntesis de proteínas y replicación de manera lúdica tuvo un impacto positivo en el interés de los alumnos hacia estos temas. Durante la conducción en el aula siempre hubo una contextualización de los procesos con los diferentes niveles genéticos (macroscópico, microscópico y molecular) lo que redituó en la comprensión de los alumnos sobre los conceptos básicos (Organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN).
3. La estrategia utilizada para relacionar la diversidad biológica con los conceptos genéticos tuvo un pobre impacto en la comprensión de los estudiantes. Es necesario una reestructuración de la actividad, donde los alumnos puedan hacer la investigación completa como un trabajo

final o bien que se proponga dentro del programa institucional llamado *Jóvenes Hacia La Investigación En Ciencias Experimentales*. Se sugiere que sean los estudiantes quienes decidan el tipo de organismos a estudiar, utilicen las fuentes electrónicas para obtener las secuencias genéticas y manejen los distintos programas para establecer las relaciones entre los organismos.

4. El uso de modelos como el ser humano, el perro y la mosca de la fruta ayudó en el reconocimiento de la variabilidad de las especies. De aquí que se senale la importancia de utilizar referentes inmediatos y después introducir aquellos que sean más alejados a vida cotidiana de los estudiantes.
5. La aplicación de estrategias sobre la clonación vegetal y animal contribuyó al cambio conceptual de los estudiantes sobre la naturaleza genética en las células de un organismo. Es necesario ofrecer escenarios como estos que permitan explicitar las concepciones alternativas de los estudiantes, que sean concientes de ellas y favorezcan la reestructuración conceptual.

- La aplicación de las estrategias y la reflexión sobre su impacto en el aula permiten regular la actividad docente. El diseño instruccional se presenta como un elemento flexible que se adecua de acuerdo a las características de los estudiantes y a la evaluación constante de su aprendizaje.

10.1. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Es preciso, para un enfoque de enseñanza como el aquí planteado, la inversión de un tiempo mayor al señalado en el programa de estudios para la enseñanza-aprendizaje de conceptos básicos y ello necesariamente implica una reestructuración de los programas de estudio para biología. Esto se justifica por la necesidad de prestar mayor atención a la formación de la cultura básica que propone la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, considerando las dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Desde esta óptica es esencial que el profesor proporcione una serie de experiencias a los alumnos, a través de diversos modelos de enseñanza, que permitan la comprensión de la genética, el desarrollo de habilidades e incrementen el interés por la ciencia. Estos modelos de enseñanza-aprendizaje deben considerar al alumno como un sujeto activo que construye su conocimiento, el cual debe explicitar y contrastar sus explicaciones con los modelos científicos a fin de reconstruir su estructura conceptual.

Las estrategias docentes deben ofrecer a los estudiantes, la oportunidad de hacerse conscientes de sus propias concepciones, de su alcance explicativo, sus limitaciones, contradicciones e inconsistencias y el valor explicativo de las concepciones científicas. Las estrategias deben fomentar el trabajo en grupo, ya que es aquí donde los alumnos intercambian puntos de vista y evalúan sus modelos al contrastarlos con los concebidos en el consenso científico.

Las estrategias deben contemplar la relación explícita de los conceptos y procesos y no dar por sentado que los alumnos son capaces de establecer los vínculos entre los conceptos que se enseñan de manera aislada, además de preparar actividades de aplicación de las nuevas ideas en otros contextos, a fin de consolidar y hacer extensivo el conocimiento.

El cambio conceptual debe ser entendido como la reestructuración del conocimiento del estudiante y no como el emplazamiento de una concepción por otra o la adquisición de piezas de conocimiento. La reestructuración del conocimiento implica los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Además involucraría un cambio desde el punto de vista epistemológico y ontológico. El cambio conceptual no es inmediato, sino un proceso lento y complicado que requiere su tiempo. De aquí la complejidad del aprendizaje y la enseñanza de la ciencias.

Los alumnos tienen una carencia de comprensión sobre la naturaleza celular de las plantas, por lo cual es indispensable, antes de comenzar el estudio formal de la genética, que el profesor ofrezca una serie de oportunidades para

comprender que los organismos vivos (unicelulares o pluricelulares, microscópicos o microscópicos, autótrofos o heterótrofos) están constituidos por células.

Una vez comprendido lo anterior es fundamental el establecimiento de la relación, de manera explícita, entre los conceptos: cromosoma, gen y ADN, a fin de establecer la relación y comprensión con los procesos de síntesis de proteínas, replicación, división celular y leyes de Mendel. Estos conceptos y procesos deben, además contextualizarse, es decir, al diseñar las estrategias, el profesor debe considerarse los niveles de estudio de la genética (macroscópico, microscópico, molecular y simbólico), y su relación, de manera constante.

Es, además, importante relacionar directamente los temas genéticos con el humano, debemos recordar que somos nuestro punto de referencia, y el reconocernos como seres biológicos puede llevar a un incremento en el interés del alumno por el tema.

Finalmente quisiera señalar que la investigación en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia es una tarea ardua y compleja, como lo es el propio proceso educativo. Por esta razón, la conclusión no pretende ser una solución única y definitiva, sino proveer de una guía que oriente la actividad académica, ya que se ha observado que necesitamos más que sólo métodos tradicionales para promover el cambio conceptual.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alparslan, C., Tekkaya, C. y Geban, Ö. (2003). Using the conceptual change instruction to improve learning. *Journal of Biological Education*. 37, (3), 133-137.
- Alvarado, M. y Flores, F. (2001). Concepciones de la Ciencia de Investigadores de la UNAM Implicaciones para la Enseñanza de la Ciencia. *Perfiles Educativos*. 23, (92), 32-53.
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. 20, (1), 133-157.
- Bacáicoa, F. (1996). *La construcción de conocimientos*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. España. 19-56.
- Bahar, M., Johnstone, A. y Hansell, M. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*. 33, (2), 84-86.
- Bahar, M., Johnstone, A. y Sutcliffe, R. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*. 33, (3), 134-141.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza de secundaria y bachillerato: los contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 13, (2), 137-153.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1998). La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Abril V (16), 79-84.
- Banet, E. y Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Teaching Genetics*. 84, (3), 314-351.
- Banet, E. Y Núñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*. 8, (2), 105-110.
- Banet, E. y Núñez, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition: a constructivist approach. *International Journal of Science Education*. 19, (10), 1169-1194.
- Barrass, R. (1984). Some misconceptions and misunderstanding perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*. 18, (3), 201-206.
- Bartolucci, J. y Rodríguez, R. (1983). *El colegio de ciencias y humanidades: Una experiencia de innovación universitaria*. ANUIES. México. 221.

- Bishop, B. (1986). Respiration and photosynthesis: a teaching module. Institute for Research on Teaching, College of Education, Michigan State University, 60.
- Bishop, B. y Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. 27, (5), 415-428.
- Bizzo, N.M.V. (1994). From down house landlord to brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way?. *Journal of Research in Science Teaching*. 3, (5), 537-556.
- Brown, C. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to question to an advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*. 24, (3), 182-186.
- Brumby, M. (1982). Students' perceptions of the concept of life. *Science Education*. 66, (4), 631-622.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*. 68, (4), 493-503.
- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*. 13(3), 379-385.
- Campanario, J. y Otero, J. (2000), Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas del pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias *Enseñanza de las ciencias*. 18, (2), 155-169.
- Campanario, J. (2002). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Science Education*. 24, (10), 1095-1110
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*. 21, (4), 363-371.
- Cavallo, A. (1999). Meaningful learning reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 33, (6), 625-655.
- Chi, M.T.H.; Slotta, J. y Leeuw, W. (1994). From Thing to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*. 4, (1), 27-43.
- Clough, E. y Wood-Robinson, C. (1985). Children are understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*. 19, (4), 304-310
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (1996). *Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades*. UNAM. México.

- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2003). *Programas de Estudio Para las Asignaturas: Biología I, II, III y IV*. UNAM. México.
- Cruz, E. (2007). Comparación de estrategias de enseñanza-aprendizaje para la unidad didáctica de genética del programa de biología IV de la escuela nacional preparatoria. Tesis de maestría. UNAM. México. 141.
- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A y Flores, G. (2004). *Biología*. Panamericana. México. 1496.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw-Hill. México. 23-61.
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*. 23, (1), 49-55.
- Duit, R. (2002). Peter Fensham's Reform Agenda: The 'vision thing'. En: R. Cross (Ed.). *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham*. (pp. 155-169). London: Routledge Falmer.
- Finkel, E. (1999). Making sense of genetics: students' knowledge use during problem solving in high school genetics class. *Journal of Research in Science Teaching*. 33, (4), 345-368.
- Fisher, K. (1985). A misconception in biology: amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*. 22, (1), 53-62.
- Flores, F., Tovar, M. y Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: an integrates view. *International Journal of Science Educación*. 25, (2), 269-286.
- García, A. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*. 9, (2), 129-134.
- Griffiths, a., Miller, J., Susuki, D., Lewwontin, R. y Gelbert, W. 2002. *An introduction to genetic analysis*. W. H. Freeman and Company. New York. 860.
- Hackling, M. y Treagust, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in science teaching*. 21,(2), 197-209.
- Hashweh, M. (1987). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*. 8, (3), 229-249.
- Hoagland, M y B. Dodson. (1998). *The Way Life Works*. Three Rivers Press. New York. 233.

- Jiménez, M. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*. 9, (3), 248-256.
- Jiménez, M. (2003). La enseñanza y el aprendizaje en la biología. En: Jiménez, M. (coord.), Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y A. de Pro. *Enseñar ciencias*. Graó. España. 124-146.
- Kargbo, D., Hobbs, E. y Erickson, G. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*. 14, (2), 137-146.
- Lawson, A. y Thomson, L. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*. 25, (9), 733-746.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. Y Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*. 17, (6), 721-732.
- Lewis, J. y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understanding of genetics. *International Journal of Science Education*. 26, (2), 195-206.
- Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*. 22, (2), 177-195.
- Lewis, J., Leach, J. y Wood-Robinson, C. (2000a). What's in a cell? –young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*. 34, (3), 129-132.
- Lewis, J., Leach, J. y Wood-Robinson, C. (2000b). All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*. 34, (2), 74-79.
- Lloyd, C. (1990). The elaboration of concepts in three biology textbooks: facilitating student learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 27, (10), 1019-1032.
- Longden, B. (1982). Genetics-are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*. 16, (2), 135-140.
- López-Manjón, A. y Postigo, Y. (2008). De las representaciones en biología a las ilustraciones de los libros de texto. En: Mares, G. (coord.), Paz, V., Martínez, M., Salas, M. López-Manjón, A., Postigo, Y., Gallegos, L. Flores, F. y Varela, J. *Diseño pedagógico de textos*. UNAM Iztacala. México. 89-110.
- Luffiego, M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*. 19, (3), 377-392.

- Marbach-Ad, G. y Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*. 34, (4), 200-205.
- Markhan, K., Mintzes, J. y Jones, M. (1994). The concept map as a research an evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching*. 31, (5), 91-101.
- Martins, I. y Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of Science Education*. 19, (1), 47-63.
- Mateos, A. (1993). Ideas previas en la botánica. *Enseñanza de las Ciencias* 11(2) 130-136.
- Mayr, E. (1996). *Así es la Biología*. Debate. España. 326
- Mikkilä-Erdman, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*. 11, (3), 241-257
- Miras, M. (2004). El punto de partida para el aprendizaje de nuevos conceptos: los conocimientos previos. En: Coll, C., Martín, E., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (eds). *El constructivismo en el aula*. Graó. España. 47-63.
- Nicholl, L. y Nicholl, D. (1987). Modeling the eukaryotic chromosome: a stepped approach. *Journal of Biological Education*. 21, (2), 99-103.
- Pashley, M. (1994). A-level students: their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*. 28, (2), 120-126.
- Pearson, J. y Hughes, W. (1986). Designing an a-level genetics course: I, identifying the necessary concepts and considering their relationships. *Journal of Biological Education*. 20, (1), 47-55.
- Pearson, J. y Hughes, W. (1988). Problems with the use of terminology in genetics education: 2, some examples from published materials and suggestions for rectifying the problem. *Journal of Biological Education*. 22, (4), 267-274.
- Pfundt, H. y Duit, R. (1991). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. Kiel, Ger: University of Kiel Institute for Science Education.
- Posner, F.; Strike, K.; Hewson, P. y Gertzog, W. (1982). Accommodation of science conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66, (2), 211-227.
- Pozo, J y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
- Pozo, J. (1999). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Alianza. España. 1-15.
- Radford, A. y Stewart, J. (1982). Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education*. 16, (3), 177-180.

- Saint-Onge, M. (1997). *Yo explico pero ellos... ¿Aprenden?* Mensajero. España. 151-183.
- Santrock, J. 2002. *Psicología de la Educación*. McGraw-Hill. México. 586.
- Settlage Jr, J. (1994). Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*. 31, (5), 449-457.
- SEP. 2001. *Programa Nacional de Educación 2006-2012*, Gobierno de la República Mexicana.
- Smith, E., Blakeslee, T., y Anderson, C. (1993). Teaching strategies associated with conceptual Change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*. 30, (2), 111-126.
- Smith, M. y Good, R. (1984). Problem solving and classical genetics: successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*. 21, (9), 895-912.
- Stewart, J. y Dale, M. (1989). High school students' understanding of chromosome/gene behavior during meiosis. *Science Education*. 73, (4), 501-521.
- Sunal, D. y Sunal, C. (1991). Young children learn to restructure personal ideas about growth in trees. *School Science and Mathematics*. 91, (7), 314-317.
- Tsui, C. y Treagust, D. (2004). Conceptual change in learning genetics: ontological perspective. *Research in Science & Technological Education*. 22, (2), 185-202.
- Venville, G., Gribble, S. y Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*. 89, (4), 614-633.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4, (1), 45-64.
- Wandersee, J., Mintzes, J. y Novack, J. (1994). Research in alternative conceptions in science. En: D. Gabel (Ed.), *Research Handbook on Research on Science, Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York, N.Y.: McMillan Pub.
- Wood-Robinson, C., Lewis, J. y Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*. 35, (1), 29-36.
- Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*. 16, (1), 43-61.

- Yip, D. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teacher and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*. 20, (49), 461-477.
- Yip, D. (2001). Promoting the development of a conceptual change model of science instruction in prospective secondary biology teachers. *International Journal of Science Education*. 23, (7), 755-770.

12. ANEXOS

Anexo 1. Tareas de Evaluación. Antes y después de la instrucción

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Plantel Vallejo

Profesora: Carmen Martínez Parra

Nombre _____

Fecha _____

Edad _____

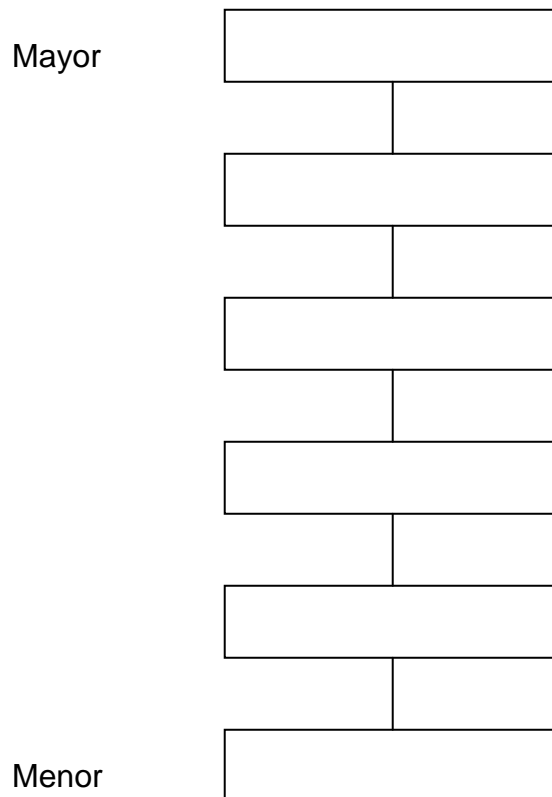
Sexo _____

TAREA 1

Lee con atención los siguientes conceptos:

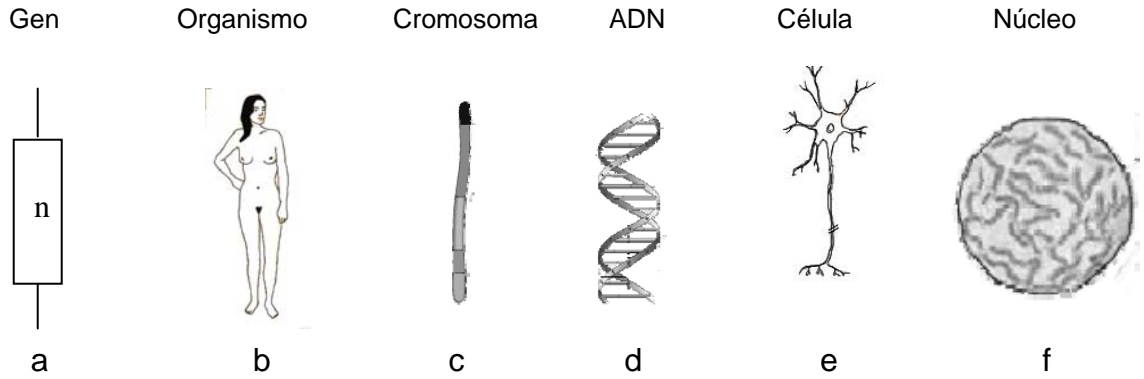
CÉLULA, CROMOSOMA, GEN, ADN, ORGANISMO, NÚCLEO

1. Coloca en los rectángulos los conceptos según el nivel de organización. Comienza con el nivel de mayor complejidad.



TAREA 2

Observa los siguientes esquemas:



Ordena las letras de acuerdo el nivel de organización. Comienza por el nivel de mayor complejidad

()

()

()

()

()

()

TAREA 3

Observa con detenimiento los siguientes organismos.

Orangután



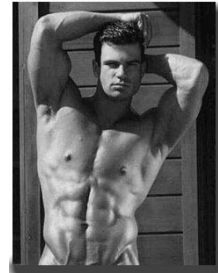
Conejo



Caballo



Hombre



Gorila



Tiburón



Gallo



Puerco



Tortuga



Chimpancé



Delfín



Después de reconocer a cada uno de los organismos:

1. Intenta formar grupos con los organismos anteriores. Puedes hacer tantos grupos como necesites. Puedes formar grupos con un solo organismo. No puedes poner un organismo en dos o más grupos.

	Organismo(s)
Grupo 1	
Grupo 2	
Grupo 3	
Grupo 4	
Grupo 5	
Grupo 6	
.	
.	
.	

2. Indica para cada grupo las razones de por qué los pusiste juntos

3. Habría otra manera de agruparlos. Si es así indica cuales serían los grupos y los criterios que utilizarías.

TAREA 4

Antes de la instrucción

Lee atentamente el siguiente párrafo:

En 1895 se introdujo en Australia un pequeño número de conejos, importados de Inglaterra, para la cacería.

Los conejos se multiplicaron rápidamente, dado que no existía un depredador natural (zorro). Por lo tanto se volvieron plaga y dañaron las cosechas.

El gobierno australiano decidió exterminarlos, por lo cual les aplicó un veneno mortal.

Se creyó que estaban totalmente exterminados, sin embargo, poco tiempo después encontraron algunos conejos.

1. ¿Cómo explicarías esta situación?

2. Argumenta tu respuesta

TAREA 4

Después de la instrucción

Lee atentamente el siguiente párrafo:

Del diario “El País”

“Un 15% o un 20% de los escolares sufre ataque de piojos entre otoño y Semana Santa. No se conoce con exactitud la causa de las recientes epidemias, ya que la higiene a mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos”.

¿Cómo explicarías que los insecticidas hace años hicieran efecto a los piojos y ahora no?

TAREA 5

A continuación se presentan una serie de conceptos biológicos

DIVERSIDAD BIOLÓGICA
ECOSISTEMAS
SELVA
POBLACIÓN
DIVERSIDAD ECOSISTÉMICA
DIVERSIDAD GENÉTICA
VARIABILIDAD
BIODIVERSIDAD
ESPECIE
BIÓTICO
ABIÓTICO
DESIERTO

Intenta establecer relaciones entre los conceptos. Elabora un mapa conceptual. Para ello pon el concepto que consideres más general, dibuja una(s) línea(s) para enlazar con los conceptos que se relaciona. Encima de la línea escribe la relación. Si lo requieres puedes incluir conceptos o ejemplos que estén relacionados.

TAREA 6

Antes de la instrucción

Lee y observa con atención

Investigadores del laboratorio de vegetales, decidieron tomar células de diversos sitios de una zanahoria para clonarla. Tomaron células de hoja, tallo y raíz. Colocaron cada célula en un medio adecuado para lograr su propósito. Después de un tiempo algo sucedió

1. Encierra en un círculo la parte que consideras que creció en cada tubo.

The diagram shows a carrot labeled 'Zanahoria' being divided into three parts: 'Hoja' (leaf), 'Tallo' (stem), and 'Raíz' (root). Each part is shown as a cross-section labeled 'Células' (cells). Arrows point from each cell to a test tube labeled 'Medio' (medium). The tubes are numbered 1, 2, and 3. Below each tube is a box with five options: 'nada', 'hoja', 'tallo', 'raíz', and 'toda', each accompanied by a small illustration of that part of the carrot.

2. Justifica tu elección

- Tubo 1 _____

- Tubo 2 _____

- Tubo 3 _____

TAREA 6

Después de la instrucción

Lee y observa con atención

Investigadores del laboratorio de vegetales, decidieron tomar células de diversos sitios de una orquídea para clonarla. Tomaron células de pétalo, hoja y bulbo. Colocaron cada célula en un medio adecuado para lograr su propósito. Después de un tiempo algo sucedió

1 Encierra en un círculo la parte que consideras que creció en cada tubo.

The diagram shows an orchid with three arrows pointing to different parts: 'Pétalo' (petal), 'Hoja' (leaf), and 'Bulbo' (bulb). Below each part is a small circular cell labeled 'Células'. Arrows point from these cells to three test tubes labeled 'Medio' (medium), numbered 1, 2, and 3. To the right of each test tube is a box containing five options: 'nada', 'pétalo', 'hoja', 'bulbo', and 'toda'.

3. Justifica tu predicción

- Caso 1 _____
- _____
- _____
- Caso 2 _____
- _____
- _____
- Caso 3 _____
- _____
- _____

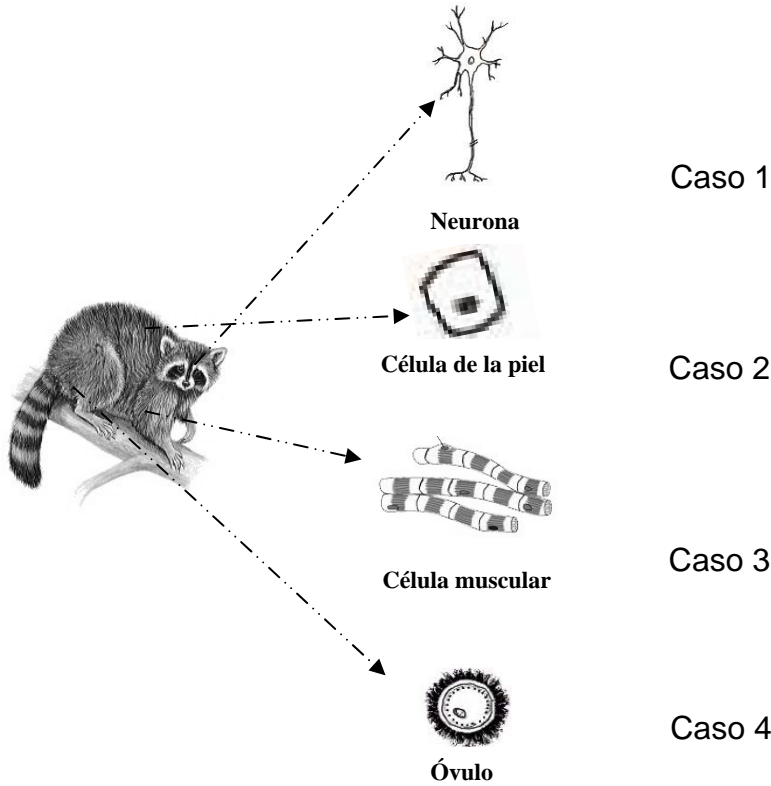
TAREA 6 Después de la instrucción

Lee y observa con atención

Investigadores del laboratorio de mamíferos, decidieron tomar células de diversos sitios de un mapache para clonarlo. Tomaron las siguientes células: neurona, célula de la piel, célula muscular y óvulo. Colocaron cada célula en un medio adecuado para lograr su propósito. Después de un tiempo algo sucedió

1 Predice lo que sucedió en cada caso

Predicción



2 Justifica tu predicción

- Caso 1 _____

- Caso 2 _____

- Caso 3 _____

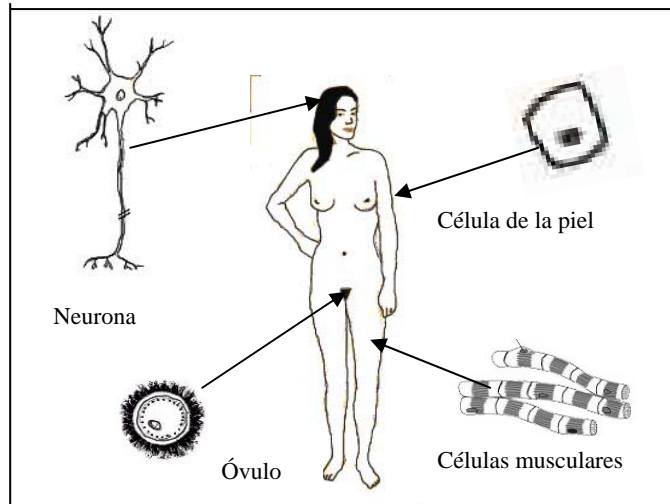
- Caso 4 _____

TAREA 7

Lee con atención el siguiente problema y responde a cada pregunta subrayando la respuesta o respuestas correctas. Justifica tu elección.

María pretende clonarse pero no sabe que células podría utilizar para este proceso

María y sus células



1. ¿Cuál o cuáles células podría utilizar María para clonarse?

- a) De la piel
- b) Neurona
- c) Óvulo
- d) Musculares

Justifica:

2. ¿Cuál o cuáles de las siguientes células **NO** podría utilizar María para clonarse?

- a) De la piel
- b) Neurona
- c) Óvulo
- d) Musculares

Justifica:

3. ¿Sería lo mismo utilizar una neurona que otra neurona de María?

- a) Si b) No c) No lo se

Justifica:

4. ¿Sería lo mismo utilizar una neurona que una célula muscular de María?

- a) Si b) No c) No lo se

Justifica:

5. ¿Sería lo mismo utilizar una neurona que un óvulo de María?

- a) Si b) No c) No lo se

Justifica:

6. ¿Sería lo mismo utilizar óvulo que otro óvulo de María?

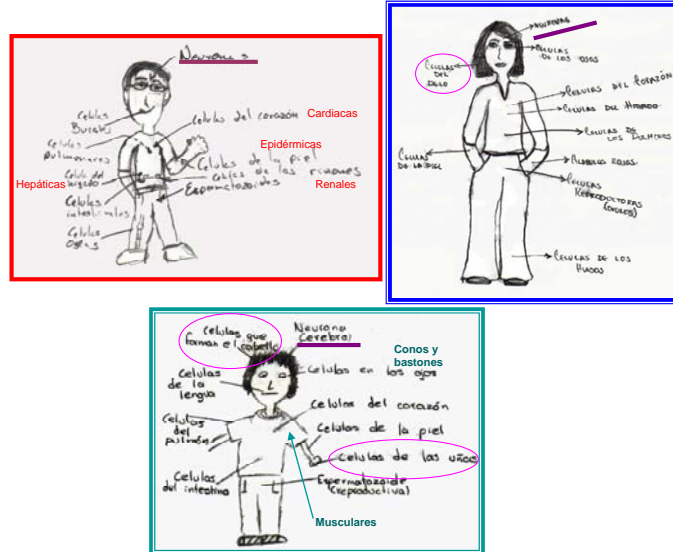
- a) Si b) No c) No lo se

Justifica:

Anexo 2. Recursos utilizados para cada sesión

1. Contextualizando a las células. Sesión 1.

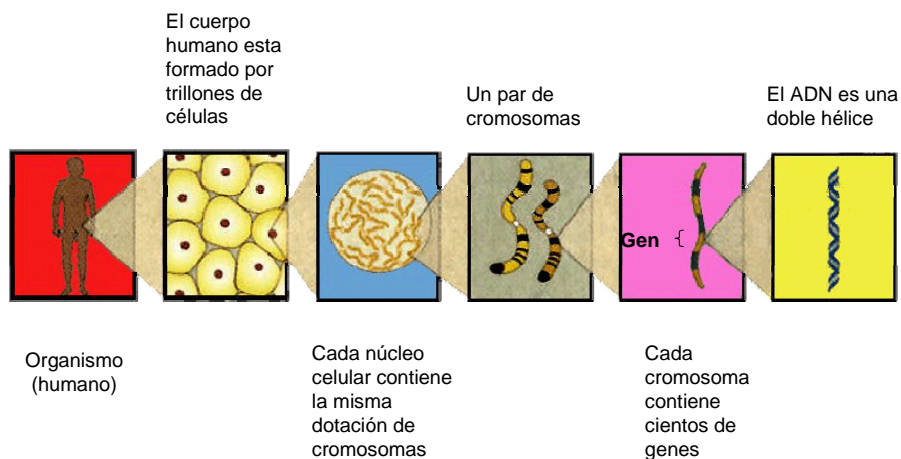
¿Dónde están las células?



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

2. Relación entre conceptos genéticos. Sesión 1.

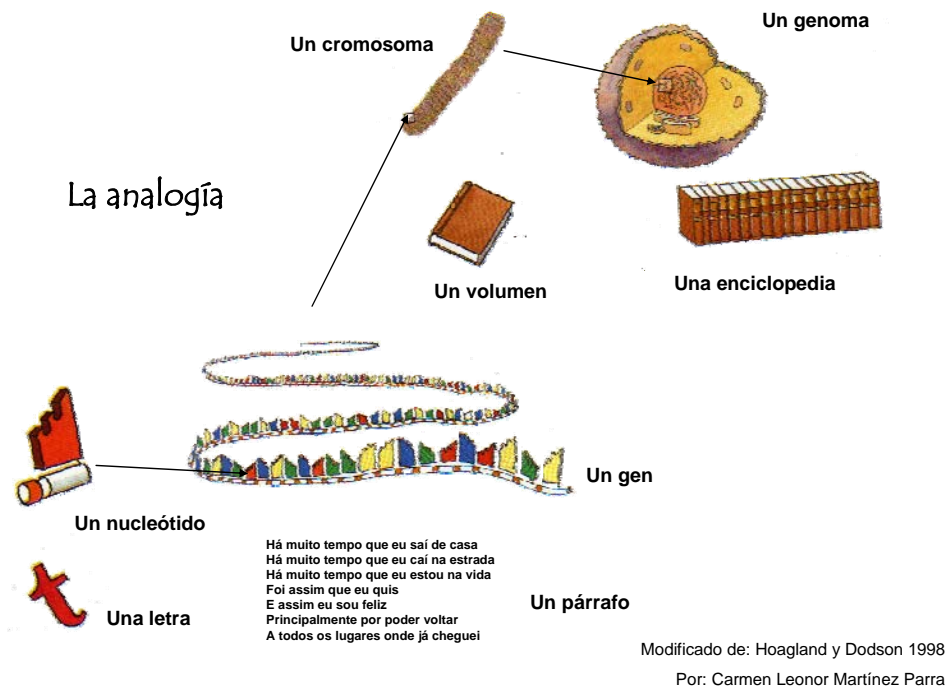
¿Dónde está el DNA, los genes y los cromosomas?



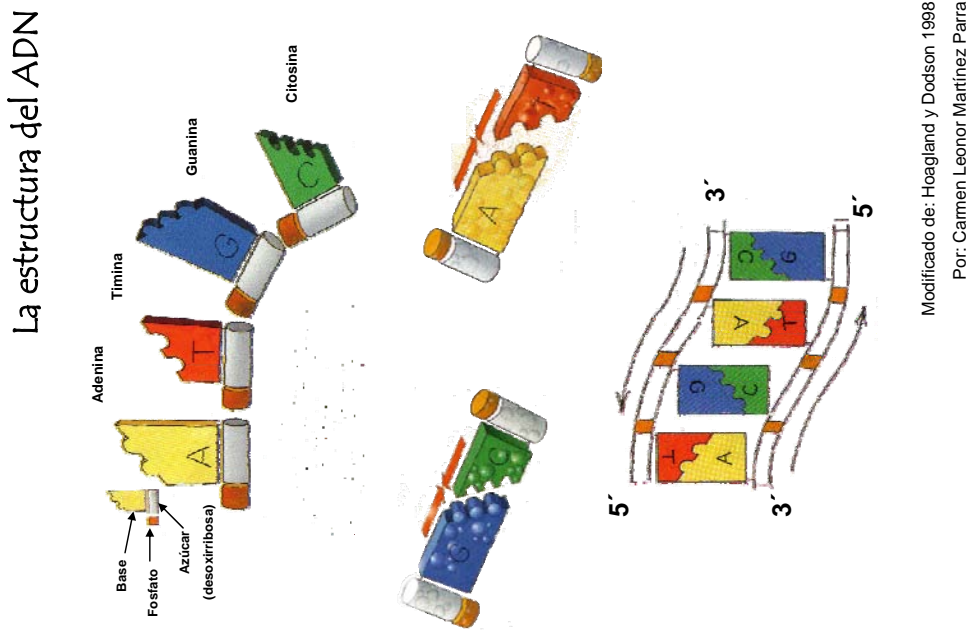
Modificado de: Griffiths, a., Miller, J., Susuki, D., Lewwontin, R. y Gelbert, W. 2002.

Por: Carmen Leonor Martínez Parra

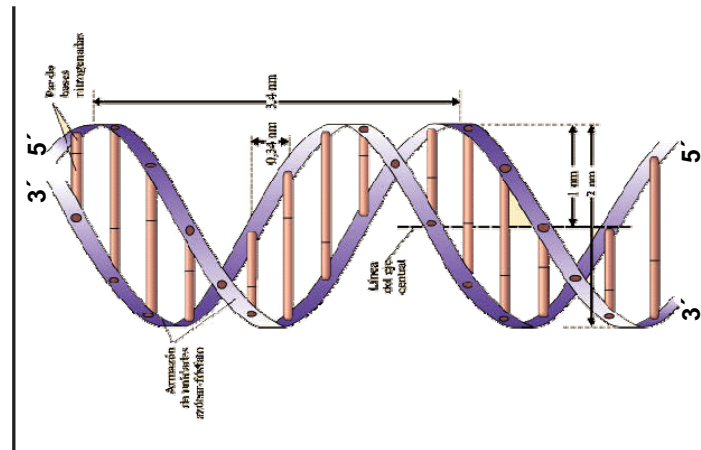
3. Analogía genética. Sesión 1.



4. Modelos del ADN. Sesión 1.



El modelo de doble hélice



Tomado de Curtis, Barnes, Schneek y Flores, 2004

5. El mensaje oculto. Sesión 2.

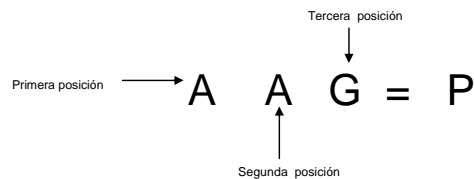
Instrucciones

En esta carta hay una serie de cuatro mensajes que debes descifrar, para ello es necesario transcribir el mensaje y posteriormente decodificarlo.

- La transcripción se realiza cambiando todas las letras del mensaje de la siguiente manera:

G por C
C por G
T por A
A por U

- Una vez transcrito el mensaje puedes utilizar el código (anexo a esta carta) para saber lo que se te pide. Para utilizar el código debes dividir de tres en tres letras el mensaje transcrito, cada letra corresponde a una posición que al interceptarse descubre una letra del abecedario. Por ejemplo si tienes:



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

Mensajes:

1. GACGAAATACCTGGAAGACCGTAATAAAAGACCTCGGCATAATGTTA
2. AGTAAGCCCACCGTGAAATTCACCTATCTCACTAAG
3. CTCTAATTTCTTTAAACATAGGTAAGACCGTGAAAAGCTGGTTGGTATCTCAAG
4. AGCAAGCCCACCGTAACGTTGAATCTTTAT

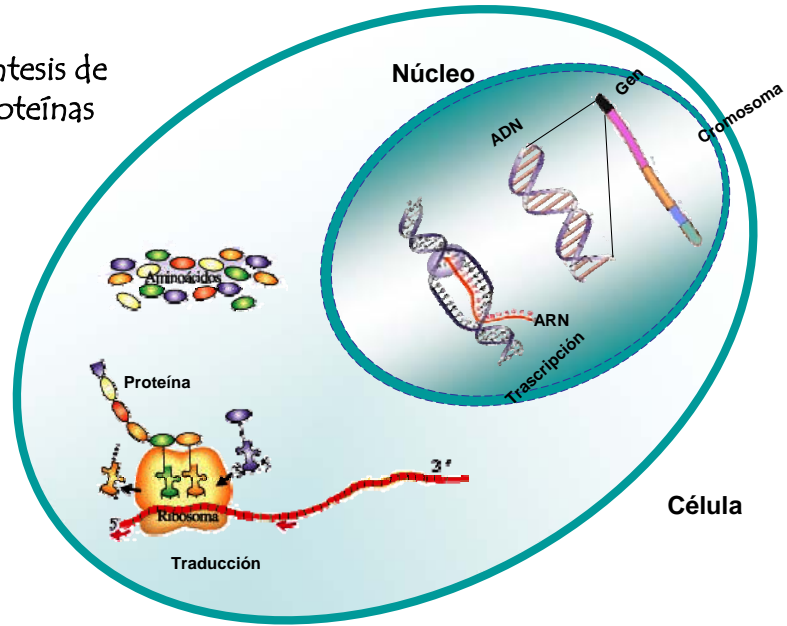
Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

		T e r c e r a p o s i c i ó n															
		U	C	A	G	U	C	A	G	U	C	A	G	U	C	A	G
Segunda posición	G	S	T	U	V	W	X	Y	Z								
	A	L	M	N	Ñ	O	P	Q	R								
	C	H	I	J	K												
	U	A	B	C	D	E	F	G									
		U				C				A				G			
		P r i m e r a p o s i c i ó n															

Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

6. ¿Cómo se hacen las proteínas? Sesión 2.

Síntesis de proteínas



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

Código genético

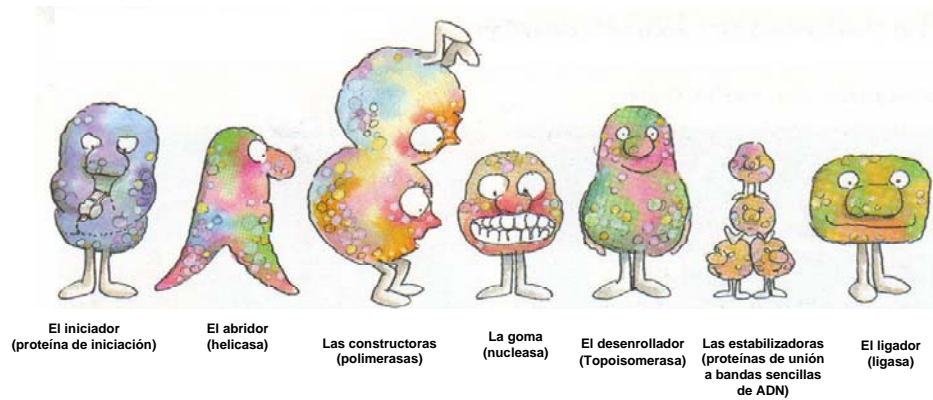
Segunda posición		Tercera posición			
		U	C	A	G
Primera posición	U	fenilalanina	leucina	isoleucina	metionina
	C	serina	prolina	treonina	alanina
	A	tirosina	alto	histidina	glutamina
	G	cisteína	alto	triptófano	arginina
		U	C	A	G
		serina	arginina	serina	arginina
		ácido aspártico	ácido aspártico	glutamina	glutamina
		ácido glutámico	ácido glutámico	glicina	glicina

Modificado de: Hoagland y Dodson 1998

Por: Carmen Leonor Martínez Parra

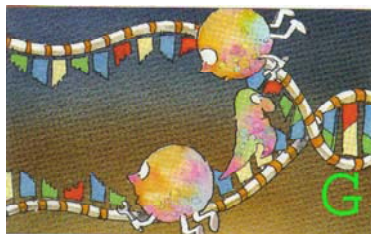
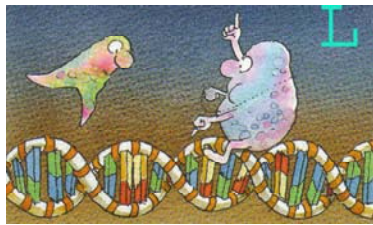
7. Historia de la copia. Sesión 3.

Los personajes



Modificado de: Hoagland y Dodson 1998
Por: Carmen Leonor Martínez Parra

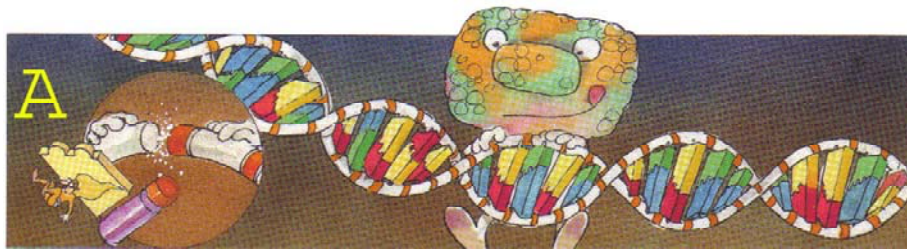
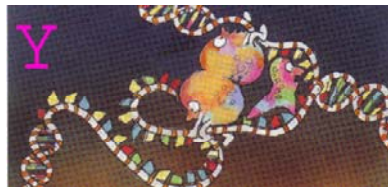
La historia



Modificado de: Hoagland y Dodson 1998
Por: Carmen Leonor Martínez Parra



Modificado de: Hoagland y Dodson 1998
Por: Carmen Leonor Martínez Parra



Modificado de: Hoagland y Dodson 1998
Por: Carmen Leonor Martínez Parra

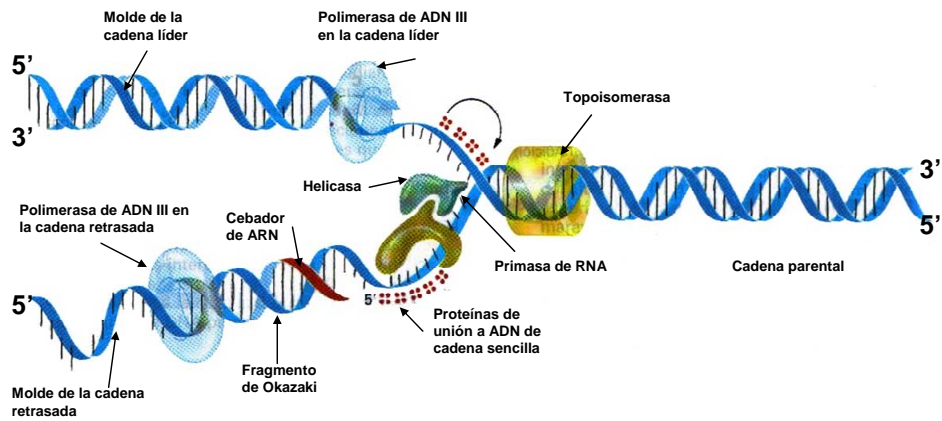
La replicación (el resumen)



Modificado de: Hoagland y Dodson 1998
Por: Carmen Leonor Martínez Parra

8. Modelo de replicación del ADN. Sesión 3.

La replicación (el esquema formal)



Tomado de Curtis, Barnes, Schnek y Flores, 2004

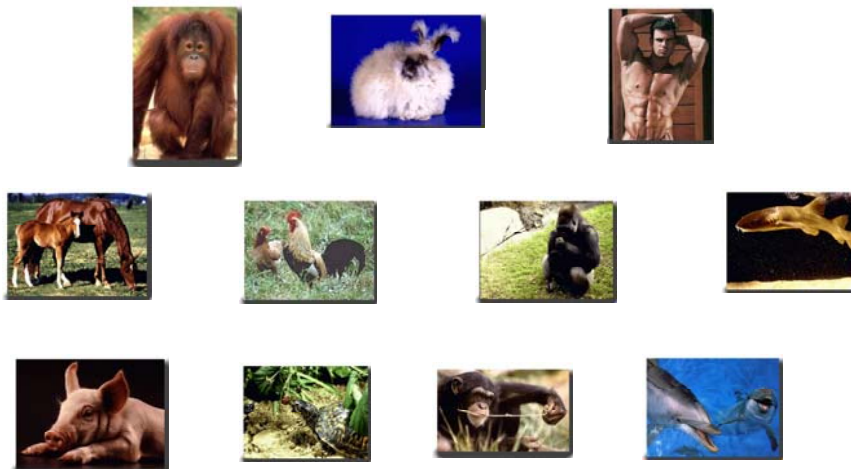
9. Explosión de vida. Sesiones 4 y 5



Diversidad Biológica

Tomado de: Hoagland y Dodson, 1998

10. Los animales. Sesiones 4 y 5.



Forma grupos con los siguientes organismos

Señala los criterios que utilizaste para la clasificación

Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

11. Estableciendo relaciones. Sesiones 4 y 5.

MIOGLOBINA

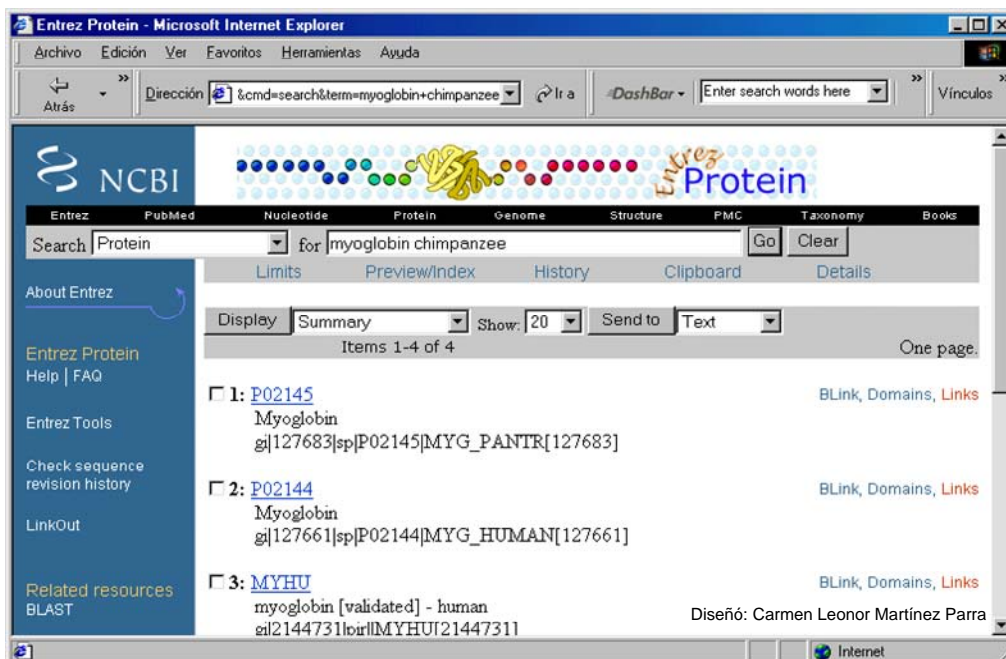
La mioglobina es una proteína de enlace de oxígeno, cuya molécula contiene hierro y se encuentra en los músculos cardíaco y esquelético.

El músculo en ejercicio consume el oxígeno disponible, a medida que metaboliza el combustible existente (es decir, la glucosa y los ácidos grasos) para obtener energía. La presencia de la mioglobina en el músculo le suministra una reserva extra de oxígeno, de tal forma que el músculo en ejercicio pueda mantener un alto nivel de actividad durante más tiempo.



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>



The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the NCBI Entrez Protein search results. The search term is 'myoglobin chimpanzee'. The results list three entries:

- 1: [P02145](#) Myoglobin [g|127683|sp|P02145|MYG_PANTR\[127683\]](#) [BLink](#), [Domains](#), [Links](#)
- 2: [P02144](#) Myoglobin [g|127661|sp|P02144|MYG_HUMAN\[127661\]](#) [BLink](#), [Domains](#), [Links](#)
- 3: [MYHU](#) myoglobin [validated] - human [e|2144731|b|ir|MYHU|2144731](#) [BLink](#), [Domains](#), [Links](#)

The interface includes navigation tabs for Entrez, PubMed, Nucleotide, Protein, Genome, Structure, PMC, Taxonomy, and Books. The search bar shows 'Protein' selected and 'myoglobin chimpanzee' entered. The display format is set to 'Summary' and 'Show' is set to '20'. The search results are displayed as 'Items 1-4 of 4' on 'One page'.

Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

Secuencias de mioglobina en los organismos

Tomadas de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

>conejo

```
GLSDAEWQLVLNVWGKVEADLAGHGQEV LIRLFHHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGNTVLT
ALGAILKKKGHHEAEIKPLAQSHATKHKIPVKYLEFISEAIHVLHSHKHPGDFGADAQAAMSKALELFRN
DIAAQYKELGFQG
```

>caballo

```
GLSDGEWQVLNVWGKVEADIAGHGQEV LIRLFTGHPETLEKFDKFKHLKTEAEMKASEDLKKHGTVVLT
ALGGILKKKGHHEAELKPLAQSHATKHKIPKYLEFISDAIHVLHSHKHPGDFGADAQGAMTKALELFRN
DIAAKYKELGFQG
```

>delfín

```
GLSDGEWQLVLNVWGKVEADLAGHQDVLIRLFKHPETLEKFDKFKHLKTEADMKASEDLKKHGNTVLT
ALGAILKKKGHHDDELKPLAQSHATKHKIPKYLEFISEAIHVLHSHRPAEFGADAQGAMNKALELFRK
DIAAKYKELGFHG
```

>gallo

```
GLSDQEWQVLTIVWGKVEADIAGHGHEVLMRLFHDHPETLDRFDKFKGLKTPDQMKGSEDLKKHGATVLT
QLGKILKQKGNHESELKPLAQTHATKHKIPVKYLEFISEVVIK VIAEKHAADFGADSAAMKALELFRN
DMASKYKEFGFQG
```

>tortuga

```
GLSDDEWNVHVLGIWAKVEPDL SAHGQEV IIRLQLHPETQERFAKFNLTIDALKSSEEVKKGHTTVLT
ALGRILKQKNNHEQELKPLAESHATKHKIPVKYLEFICEIIVK VIAEKHPSDFGADSAAMKALELFRN
DMASKYKEFGFQG
```



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

>humano

MGLSDGEWQLVLNVWGKVEADIPGHGQEVLRIRLFGHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGATVLTALGGILKKKGHHEAEIKPLAQSHATKHKIPVKYLEFISECIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRKDMASNYKELGFQG

>chimpancé

GLSDGEWQLVLNVWGKVEADIPGHGQEVLRIRLFGHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGATVLTALGGILKKKGHHEAEIKPLAQSHATKHKIPVKYLEFISECIQVLHSHKHPGDFGADAQGAMNKALELFRKDMASNYKELGFQG

>gorila

GLSDGEWQLVLNVWGKVEADISGHGQEVLRIRLFGHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGATVLTALGGILKKKGHHEAEIKPLAQSHATKHKIPVKYLEFISECIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRKDMASNYKELGFQG

>orangután

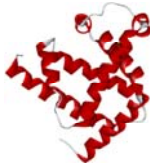
GLSDGEWQLVLNVWGKVEADIPSHGQEVLRIRLFGHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGATVLTALGGILKKKGHHEAEIKPLAQSHATKHKIPVKYLEFISESIIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRKDMASNYKELGFQG

>puerco

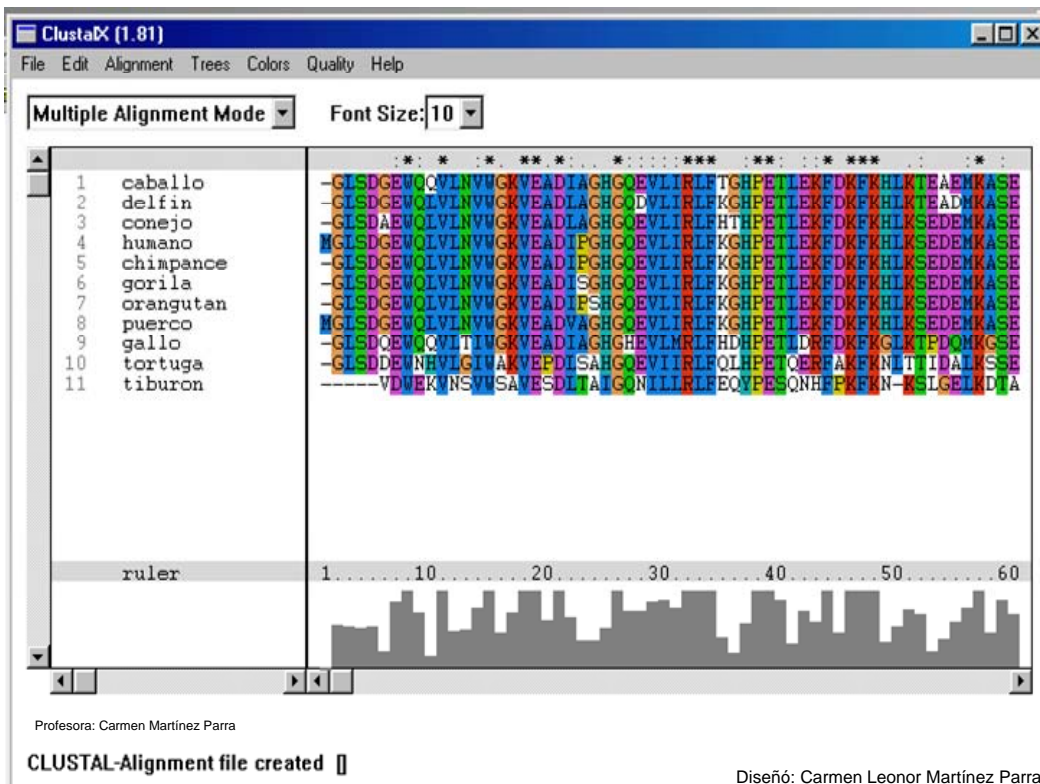
MGLSDGEWQLVLNVWGKVEADVAGHGQEVLRIRLFGHPETLEKFDKFKHLKSEDEMKASEDLKKHGNTVLTALGGILKKKGHHEAELPLAQSHATKHKIPVKYLEFISEAIIQVLQSKHPGDFGADAQGAMSKALELFRKNDMAAKYKELGFQG

>tiburón

VDWEKNSVWSAVESDLTAIGQNILLRLEFQYPSQNHFPKFNKSLGELKDTADIKAQADTVLSALGNI VKKKGSHSQPKALAATHITTKIPPYFTKITTIAVDVLSMYPSEMNAQVQAFAFGAFKIICSDIEKE YKAANFQG



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra




```

MS-DOS PROTPARS
Auto
C:\PHYLIP\PHYLIP95.EXE\PROTPARS.EXE: can't read infile
Please enter a new filename>a:ya.txt
+[2J+[H
Protein parsimony algorithm, version 3.573c

Setting for this run:
U          Search for best tree?      Yes
J  Randomize input order of sequences? No. Use input order
O          Outgroup root?             No, use as outgroup species 1
T          Use Threshold parsimony?   No, use ordinary parsimony
M          Analyze multiple data sets? No
I          Input sequences interleaved? Yes
O  Terminal type (IBM PC, VT52, ANSI)? ANSI
1  Print out the data at start of run  No
2  Print indications of progress of run Yes
3          Print out tree              Yes
4          Print out steps in each site No
5  Print sequences at all nodes of tree No
6          Write out trees onto tree file? Yes

Are these settings correct? (type Y or the letter for one to change)

```

```

ya.arbol - Bloc de notas
Archivo Edición Buscar Ayuda

requires a total of 250.000

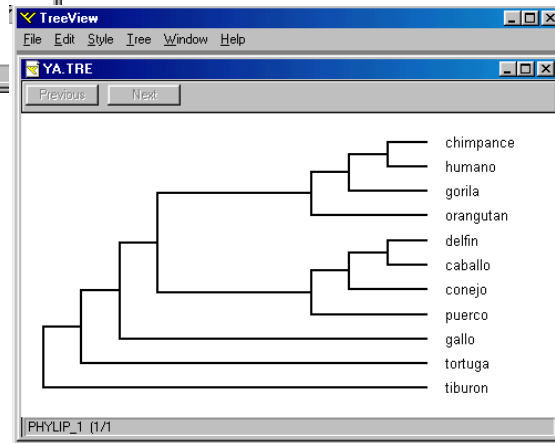
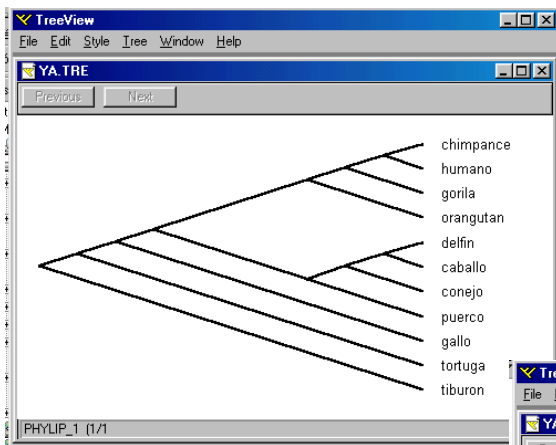
+-----tiburon
!
-10 +-----tortuga
! !
+--9 +-----gallo
! !
! ! +-----orangutan
+--8 +-----6
! ! +-----gorila
! ! +--5
! ! ! +--chimpance
+--3 +--4
! ! +--humano
!
! +-----puerco
+-----7
! +-----conejo
+--2
! +--delfin
+--1
+--caballo

remember: (although rooted by outgroup) this is an unrooted tree!

requires a total of 250.000

```

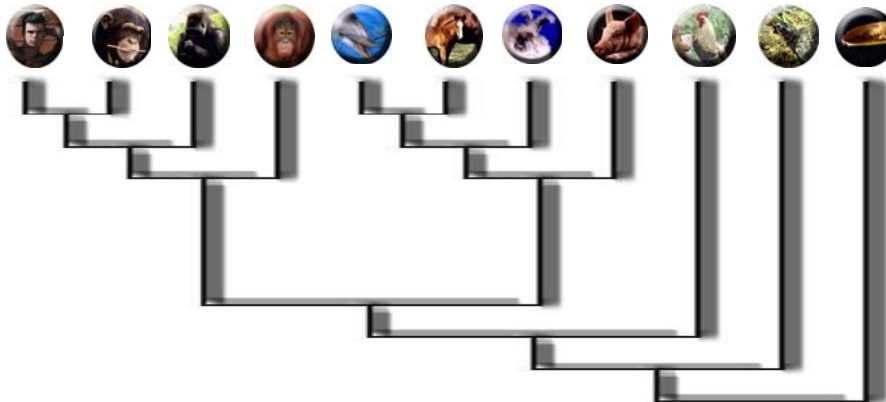
Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

El árbol

[PHYLIIP](#)



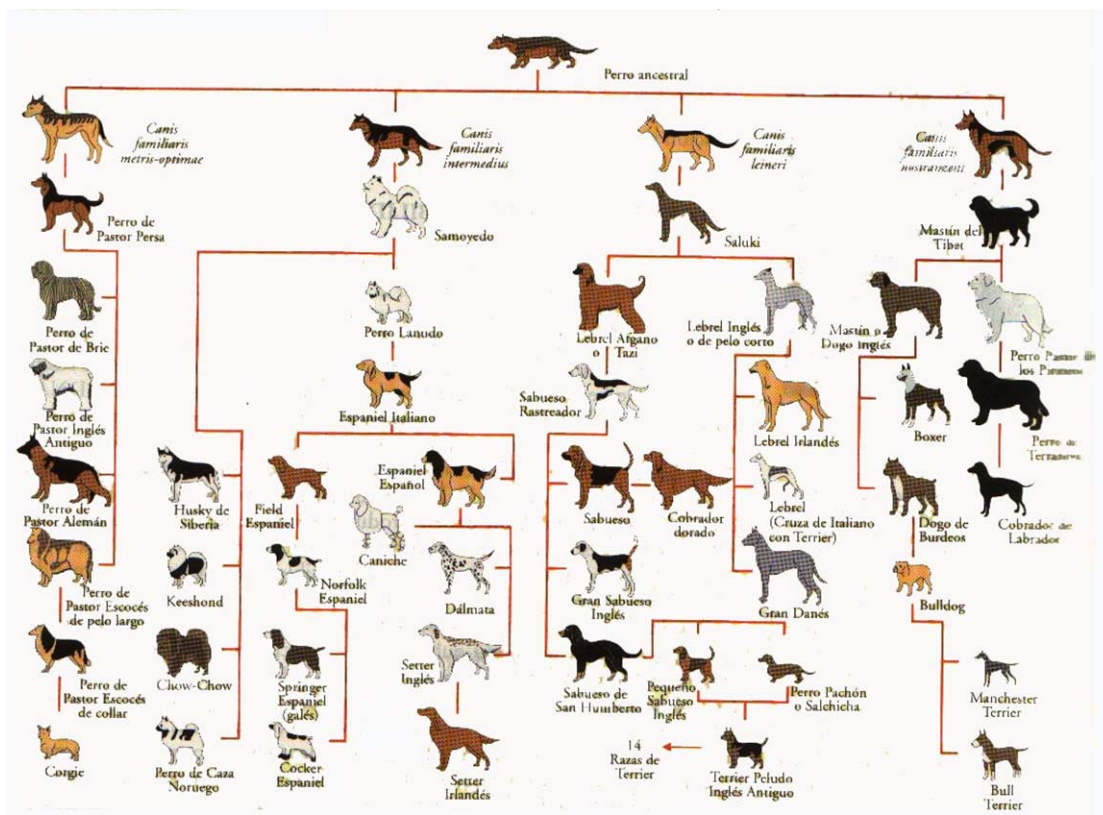
Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

12. Variabilidad humana. Sesión 6.



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

13. Variabilidad canina. Sesión 6.



Tomado de Curtis, Barnes, Schnek y Flores, 2004

14. Las moscas. Sesión 7

VARIABILIDAD EN LA MOSCA DE LA FRUTA (*Drosophila melanogaster*)

Objetivo

Observar la variabilidad en una población de moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

Antecedentes

¿Cómo se define a la especie?

¿Qué es una población?

¿A qué se refiere el término variabilidad?

Material

1 Microscopio estereoscópico	Algodón
2 Cajas de Petri	Éter
2 Agujas de disección	Moscas de la fruta (<i>Drosophila melanogaster</i>)
2 Pinceles	Televisión
1 Éterizador	Videoflex
1 Pipeta de 5ml	

Metodología

1. Coloca un poco de algodón en el eterizador y agrega éter para sobreeterizar a las moscas.
2. Una vez que las moscas dejen de moverse colócalas en la caja de Petri.
3. Observa en el microscopio estereoscópico
4. Esquematiza y describe las diferencias que encuentras en la muestra.

Resultados

Observaciones realizadas

Conclusión

Relación de la variabilidad con los conceptos genéticos

Bibliografía recomendada

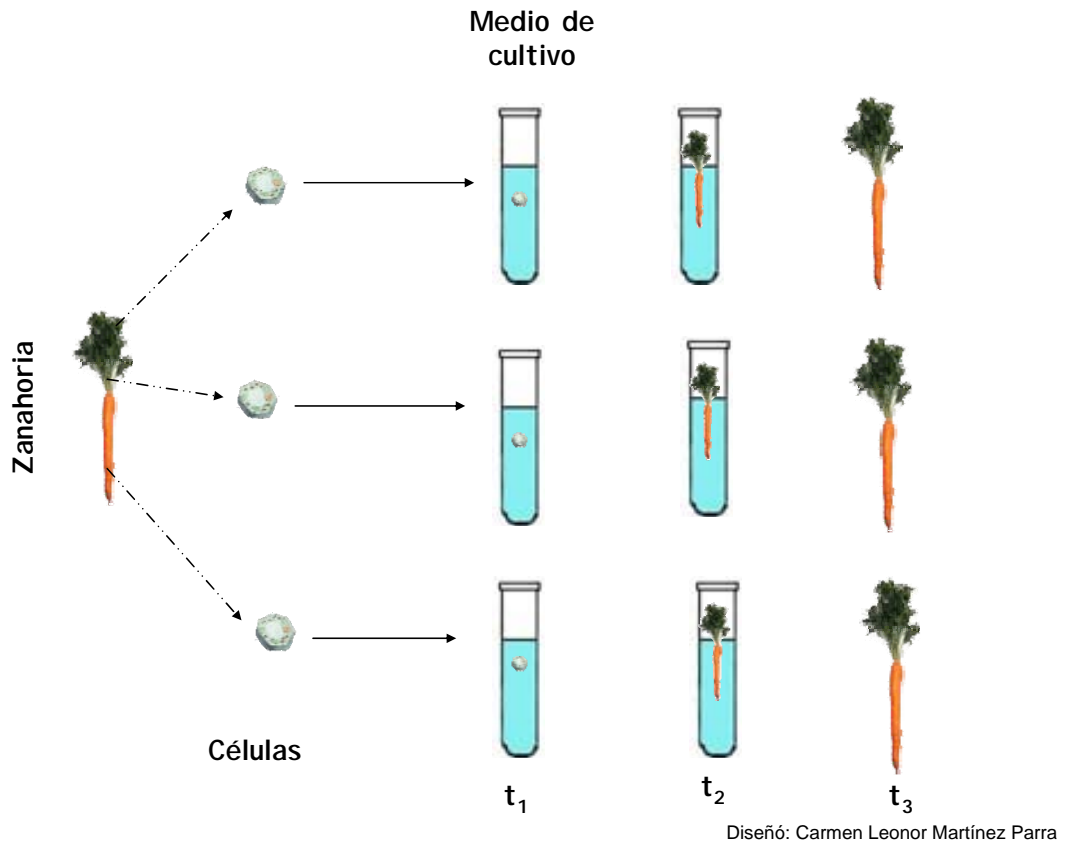
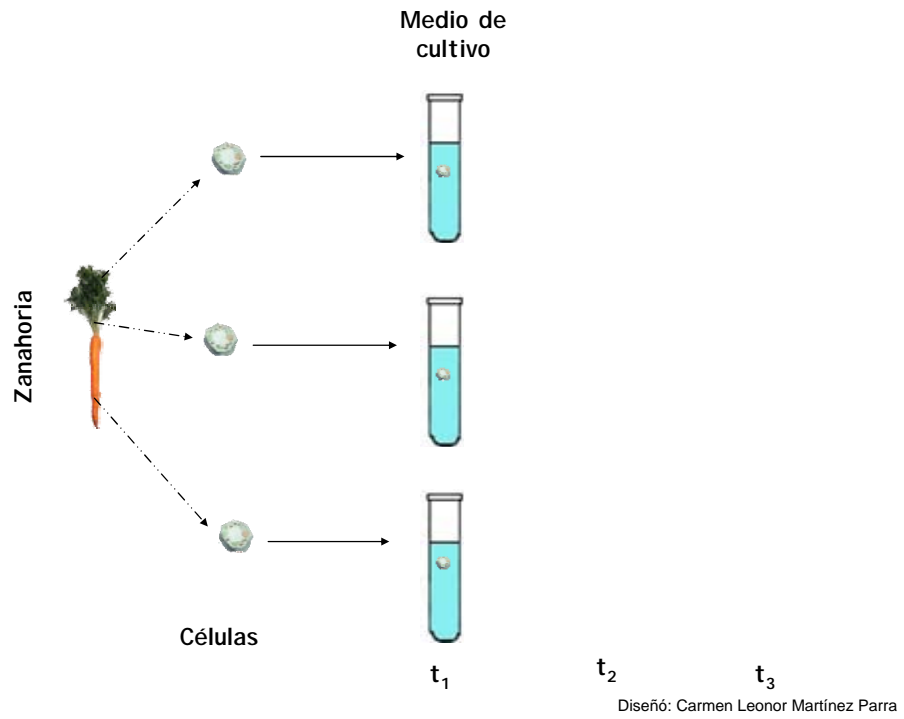
Audesirk, T. et al. 2003. La vida en la tierra. Prentice hall. México.

Curtis, H, et al. 2003. Biología. Medica panamericana. España.

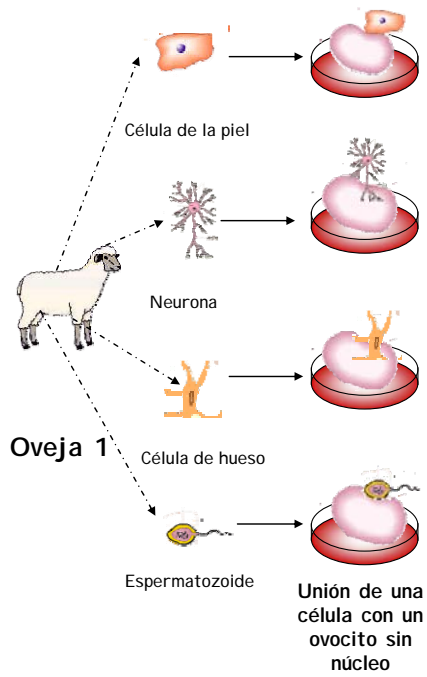
Original: Dra. Patricia Ramos Morales

Modificado: Biól. Carmen Leonor Martínez Parra

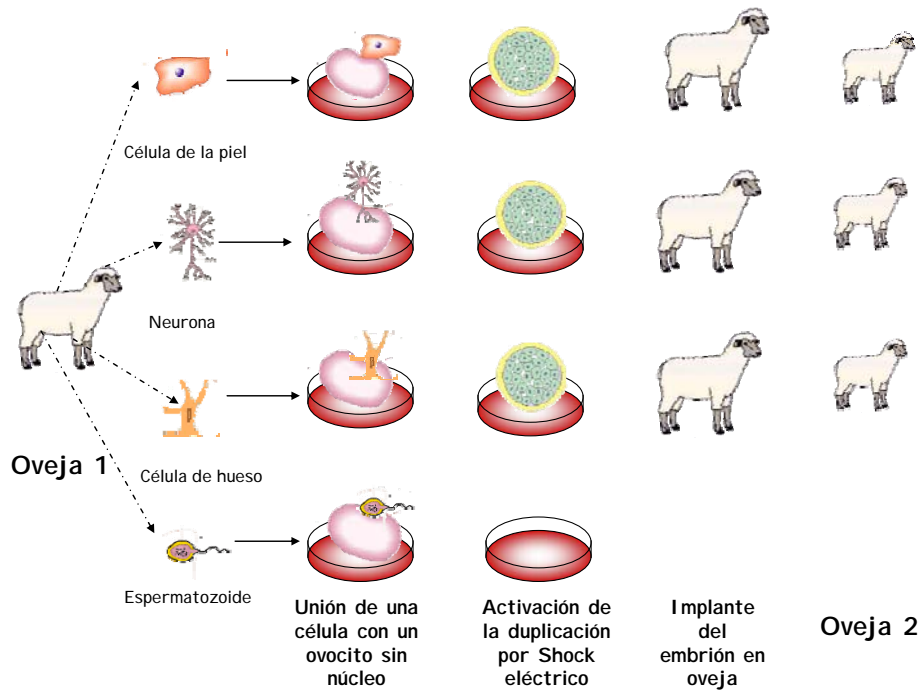
15. Cultivando zanahorias. Sesión 9



16. Dolly. La oveja famosa. Sesión 9.

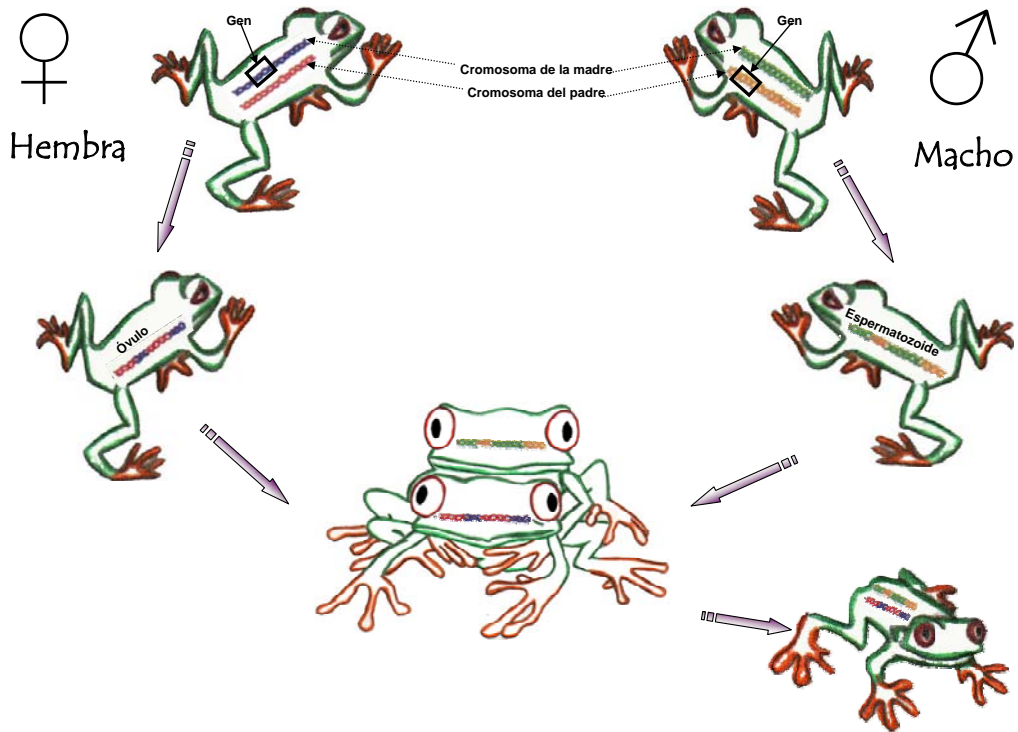
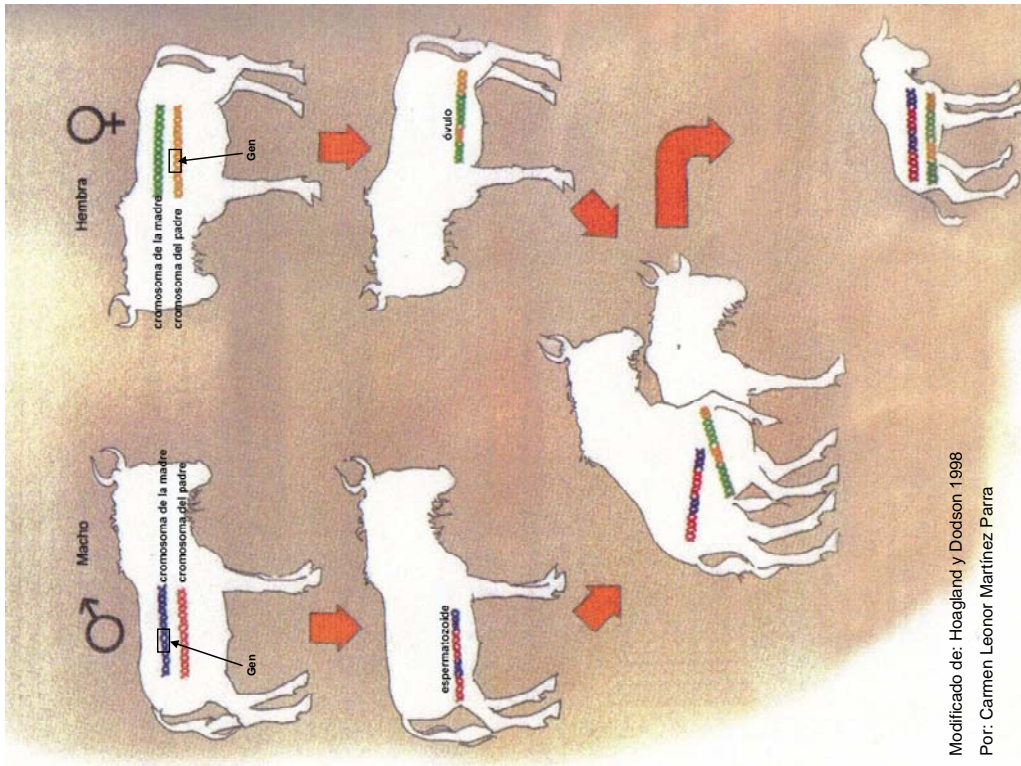


Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra



Diseño: Carmen Leonor Martínez Parra

17. Pasando los genes. Sesión 10.



Anexo 3. Gráficas

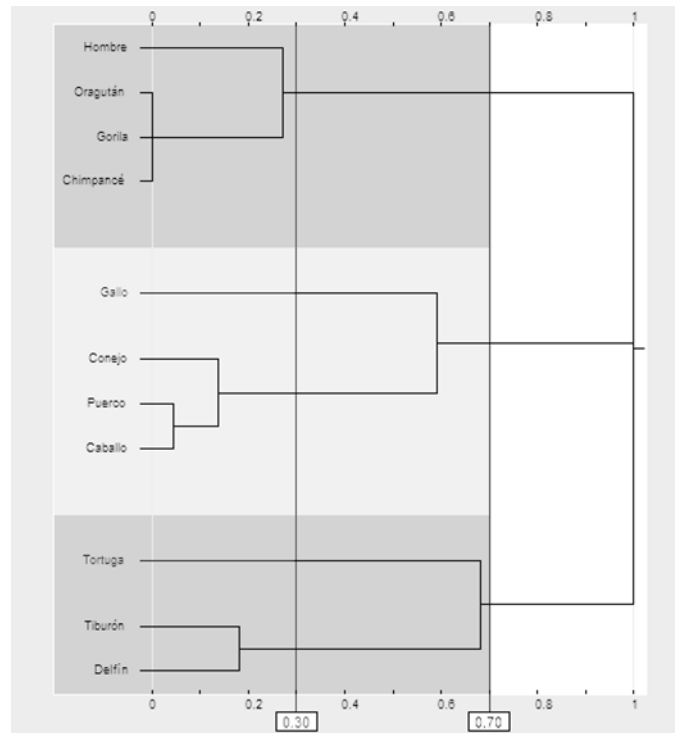


Figura 9.2. Clasificación animal, de los estudiantes del grupo experimental, después del periodo de instrucción

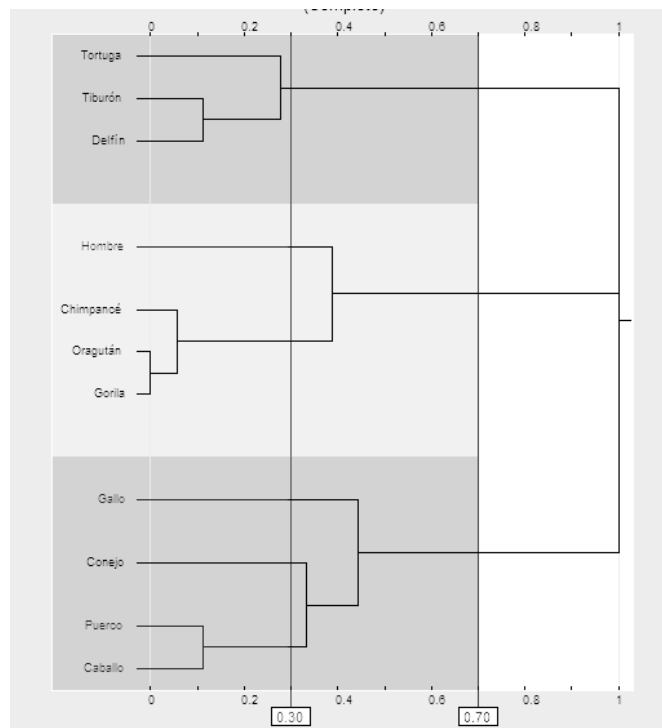


Figura 9.3. Clasificación animal, de los estudiantes del grupo control, antes del periodo de instrucción

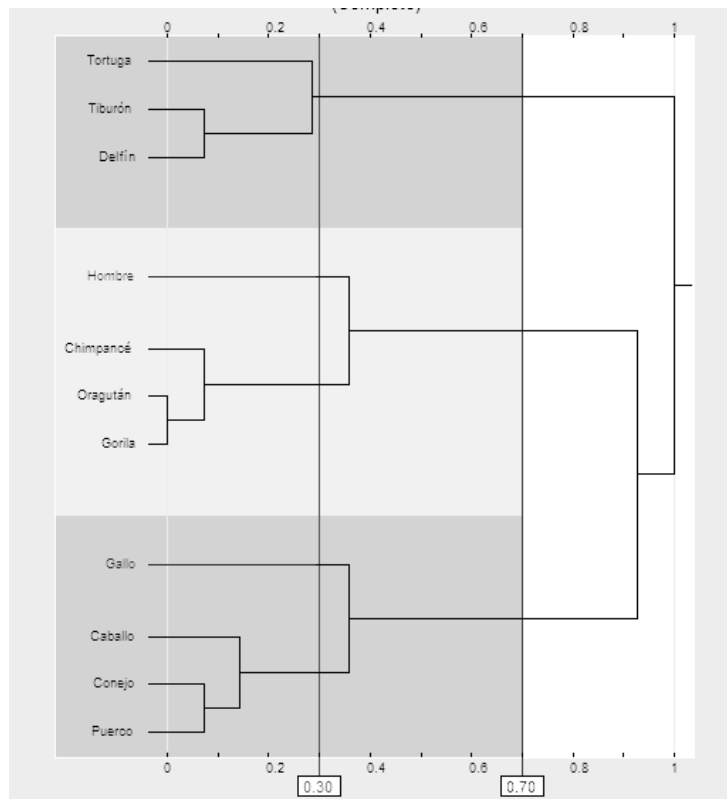


Figura 9.4. Clasificación animal, de los estudiantes del grupo control, después del periodo de instrucción

Anexo 3. Pruebas estadísticas

Prueba de Ji-cuadrada ExA vs CoA

Categoría comparada	χ^2	Grados de libertad (v)	Significancia asintótica (bilateral)
Niveles de organización			
Organismo	3.102	3	0.376
Célula	5.764	5	0.336
Núcleo	8.114	5	0.156
Cromosoma	4.375	4	0.358
Gen	3.715	5	0.592
ADN	5.627	5	0.344
Niveles de organización (ilustración)			
Organismo	0.893	3	0.827
Célula	8.879	5	0.123
Núcleo	6.209	4	0.182
Cromosoma	2.556	4	0.288
Gen	5.185	5	0.635
ADN	4.989	4	0.394
Clasificación animal			
Perceptiva	19.931	13	0.097
Antropocéntrica	20.521	12	0.058
No perceptiva	9.364	4	0.053
Otras	5.366	3	0.147
Nr	4.320	6	0.633
Variabilidad			
Concepción	3.220	3	0.359
Mapa conceptual			
Inclusor	0.952	1	0.329
Tres niveles	1.034	1	0.309
Biótico/Abiótico	1.667	1	0.197
Variabilidad	1.667	1	0.197
Clonación vegetal			
Hoja	7.718	4	0.102
Tallo	1.231	4	0.873
Raíz	0.909	4	0.923
Nivel de análisis	1.268	3	0.530
Clonación humana			
Concepción	7.210	8	0.514

Prueba de Ji-cuadrada ExD vs CoD

Categoría comparada	χ^2	Grados de libertad (v)	Significancia asintótica (bilateral)
Niveles de organización			
Organismo	3.328	2	0.189
Célula	9.124	2	0.010
Núcleo	11.314	2	0.003
Cromosoma	5.676	4	0.226
Gen	11.805	4	0.019
ADN	14.260	5	0.014
Niveles de organización (ilustración)			
Organismo	Es una constante		
Célula	7.071	2	0.029
Núcleo	9.124	3	0.028
Cromosoma	5.015	4	0.286
Gen	6.190	3	0.103
ADN	15.181	3	0.002
Clasificación animal			
Perceptiva	13.318	9	0.149
Antropocéntrica	7.948	7	0.337
No perceptiva	5.451	3	0.142
Otras	1.616	1	0.204
Nr	1.616	1	0.204
Variabilidad			
Concepción	1.692	2	0.429
Mapa conceptual			
Inclusor	4.129	1	0.042
Tres niveles	1.218	1	0.270
Biótico/Abiótico	12.284	1	0.000
Variabilidad	7.636	1	0.006
Clonación vegetal			
Hoja	32.175	2	0.000
Tallo	31.983	2	0.000
Raíz	3.328	2	0.189
Nivel de análisis	23.107	2	0.000
Clonación animal			
Neurona	24.891	1	0.000
Piel	24.891	1	0.000
Muscular	24.891	1	0.000
Óvulo	11.314	1	0.001
Nivel de análisis	15.001	2	0.001
Clonación humana			
Concepción	22.976	6	0.001

Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon ExA vs ExD

Categoría comparada	Z	Significancia asintótica (bilateral)
Niveles de organización		
Organismo	-1.890	0.059
Célula	-2.124	0.344
Núcleo	-1.811	0.070
Cromosoma	-1.252	0.210
Gen	-2.213	0.027
ADN	-2.703	0.007
Niveles de organización (ilustración)		
Organismo	-1.857	0.063
Célula	-1.406	0.160
Núcleo	-1.982	0.047
Cromosoma	-1.221	0.222
Gen	-1.667	0.096
ADN	-3.022	0.003
Clasificación animal		
Perceptiva	-0.856	0.393
Antropocéntrica	-1.198	0.231
No perceptiva	-2.226	0.026
Otras	-1.000	0.317
Nr	-1.604	0.109
Variabilidad		
Concepción	-3.044	0.002
Mapa conceptual		
Inclusor	-2.646	0.008
Tres niveles	-2.000	0.046
Biótico/Abiótico	-3.606	0.000
Variabilidad	-0.816	0.414
Clonación vegetal		
Hoja	-3.807	0.000
Tallo	-3.965	0.000
Raíz	-2.546	0.011
Nivel de análisis	-4.080	0.000
Clonación humana		
Concepción	-3.878	0.000

Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon CoA vs CoD

Categoría comparada	Z	Significancia asintótica (bilateral)
Niveles de organización		
Organismo	-1.342	0.180
Célula	-1.623	0.105
Núcleo	-0.419	0.675
Cromosoma	-1.380	0.168
Gen	-0.061	0.951
ADN	-0.849	0.396
Niveles de organización (ilustración)		
Organismo	-1.414	0.157
Célula	-1.732	0.083
Núcleo	-0.360	0.719
Cromosoma	-1.496	0.135
Gen	-1.165	0.244
ADN	-1.063	0.288
Clasificación animal		
Perceptiva	-0.254	0.799
Antropocéntrica	-1.214	0.225
No perceptiva	-1.342	0.180
Otras	-1.000	0.317
Nr	-1.000	0.317
Variabilidad		
Concepción	-2.271	0.023
Mapa conceptual		
Inclusor	-1.342	0.180
Tres niveles	-1.000	0.317
Biótico/Abiótico	0	1.000
Variabilidad	0	1.000
Clonación vegetal		
Hoja	-1.066	0.286
Tallo	-1.866	0.063
Raíz	-0.106	0.915
Nivel de análisis	-1.000	0.317
Clonación humana		
Concepción	-0.368	0.713